* Fb 5. 29

R37952

DIE ZELLE

DAS

ELEMENT DER ORGANISCHEN WELT.

BEARBEITET

VON

Dr. ARNOLD BRASS,
MARBURG.

MIT 75 ABBILDUNGEN IN HOLZSCHNITT.

LEIPZIG
VERLAG VON GEORG THIEME
1889.

Alle Rechte vorbehalten.

Druck von Fischer & Wittig in Leipzig.

WILHELM ROSER

IN

FREUNDSCHAFT GEWIDMET

VOM

VERFASSER.

VORWORT.

Diese, meinem treuen Freunde, dem Docenten der Chemie gewidmete Arbeit ist das Resultat von Untersuchungen, welche bereits im Jahre 1878 begonnen wurden und mich zu selbständigen Gedanken über Bau und Thätigkeit der Lebewesen führten. — Ein Jeder, welcher die Natur an irgend einem Punkte zu erforschen trachtet, wird — falls er es mit seiner Thätigkeit ernst nimmt — hingeleitet zum Suchen nach Wahrheit, nach Grundgedanken, welche für je einen Zweig des menschlichen Wissens Geltung haben könnten. Es ist mir hierselbst zum Vorwurf gemacht worden: dass in meinen Arbeiten das Thatsächliche vor Gedanken zurückstände. Nunmehr möchte ich in dieser und in einer Anzahl weiterer Arbeiten zu zeigen versuchen, dass mir auch, neben den früher veröffentlichten Gedanken, Thatsachen zur Seite standen. Ich habe die Freude gehabt, dass meine Mittheilungen bereits an zahlreichen Stellen Bestätigung erfuhren, und habe mit Genugthuung erfahren, dass es nirgends hat gelingen wollen, directe Beweise gegen die von mir früher aufgestellten Lehren beibringen zu können. Zahlreiche Kleinigkeiten habe ich selbst modificirt, andere sind von mir mehr oder minder freundlich Gesinnten modificirt worden und ich habe mit Freuden Aenderungen getroffen. Die Grundgedanken, welche ich bereits 1882 aussprach, habe ich trotz aller Mühe und trotz aller Controlversuche nicht zu ändern vermocht.

Ich habe es mir zur Aufgabe gestellt: die Lebensthätigkeit jener Bausteine der Organismen, welche wir als „Zellen“ bezeichnen, erforschen zu wollen. Wieweit mir dies bisher gelungen, ist in den folgenden Seiten zum Theil niedergelegt. Erschöpfend konnte ich an keinem Punkte sein, sondern habe das Material allerorts beschränkt, um möglichst weiten Kreisen einen Einblick in meine Thätigkeit zu gewähren und möglichst Vielen eine Kritik zu ermöglichen.

Der Bau und die Thätigkeit der verschiedenen Organsysteme im Körper des Menschen und höherer Thierformen soll in je gesonderten Werkchen später weiter ausgearbeitet werden; eine Schlussarbeit wird die Literatur und die Geschichte der von mir vertretenen Disciplin bringen, daher sind im Text die den Zusammenhang störenden Hinweise auf Arbeiten Anderer vollkommen vermieden.

Das erste Bändchen „Die niedrigsten Lebewesen u. s. w.“ hat zahlreiche freundliche Besprechungen erfahren — das mir gespendete Lob hat mich nicht stolz gemacht — und ist auch auf Widerspruch gestossen — letzterer hat mich nicht betrübt, denn der Tadel war nicht begründet worden, wie ich es gewünscht hätte. Tadel ohne Begründung ist wohlfeil und erinnert mich an ein Wort, welches mir Leuckart einmal ernst entgegenhielt, als ich s. Z. im jugendlichen Uebermuth über eine Arbeit schmähte, es lautete: „Keine ernste Arbeit ist so schlecht, als dass nicht Jeder etwas daraus lernen könnte.“ Es hat lange gedauert, ehe ich es voll begriff, hat mich aber später davor bewahrt, eilfertig, mit wenig Federstrichen eine Arbeit herunterzuziehen. Es irrt der Mensch, solang er strebt, und von Aristoteles bis auf die jüngsten Biologen hinab ist unsere Wissenschaft eine Komödie der Irrungen gewesen; nur wenig Stichworte sind stehen geblieben und an diese hat der Menschengeist immer und immer wieder anzuknüpfen versucht. Von Brücke wurde das Wort „Die Zelle ein Elementarorganismus“ ausgesprochen und in ernster Thätigkeit habe ich es zur Richtschnur für meine Arbeit genommen. Ist es mir gelungen, dem stolzen Gebäude, an dessen Ausbau die Naturforschung arbeitet, ein bleibendes Steinchen hinzufügen zu können, so ist mein Ziel erreicht. Mag auch Vieles wieder hinweggerissen werden, wenn nur Etwas bestehen bleibt, nur ein Gedanke, an welchen Andere wieder anzuknüpfen vermögen! Man verzeihe mir diese Worte! Ich hielt sie für nothwendig, weil ich gern auch weiteren Kreisen sagen möchte, dass ich nicht in dünkelhafter Selbstüberhebung „Wahrheiten“ zu verkünden gedenke.

Die Behandlung der pflanzlichen Zellen ist nach Umfang und Inhalt geringer als die Betrachtungen der thierischen Zellen ausgefallen. Ich musste hier weniger selbständig vorgehen, um Missverständnisse zu vermeiden, werde aber später noch einige Hauptpunkte klarer auseinander setzen. Die technischen Ausdrücke, deren Zahl von Jahr zu Jahr wächst, habe ich auf ein Minimum reducirt: der Bildung von Epi- bez. Endothel aus *ἐπί* bez. *ἔνδον* und *θηλή* liessen sich viele gleich schöne hinzufügen, die bereits fest eingeführt sind und benutzt werden müssen.

Zum Schluss statte ich Herrn Thieme für sein freundliches, stets bereites Entgegenkommen bei Herstellung dieser Arbeiten meinen verbindlichsten Dank ab.

Marburg, Ende Januar 1889.

Der Verfasser.

INHALT.

Seite

Einleitung 1
1. Kapitel: Allgemeine Betrachtung über die Zelle 8
Allgemeine Form und Grösse der Zelle 9
2. Kapitel: Der Zellinhalt 13
Das physikalische Verhalten des Zellinhalts 15
Das chemische Verhalten des Zellinhalts 18
Das Verhalten der Zellsubstanz gegen Reagentien und äussere Einflüsse 21
3. Kapitel: Der innere Bau der Zelle 27
Kern der Zelle 27
Zellsubstanz 33
Zellhäute 44
Zellzwischensubstanz 48
4. Kapitel: Das Zusammenwirken der einzelnen Schichten und Theile der Zelle 53
Zellbewegungen 54
Zelltheilung 61
Befruchtung 71
5. Kapitel: Die einzelligen Lebewesen 82
Amöben 86
Infusorien 91
6. Kapitel: Die Zellen des thierischen Körpers 94
A. Die freien Zellen 95
Die Blutzellen 95
Die Keimzellen 101
B. Zellen geschlossener Gewebe 121
Epithelien 122
Endothelien 131
Die Muskelzellen 132
Die Nervenzellen 138
Die Bindesubstanzen 144
Bindegewebe 145
Knorpelgewebe 148
Knochengewebe 150
Fettgewebe 154

Seite

Der Verdauungsapparat } Beispiele 157
Das Auge } 159

7. Kapitel: Die Zellen des pflanzlichen Körpers 164
A. Unterschiede zwischen thierischen und pflanzlichen Zellen und Geweben 164
B. Die Gewebe der Pflanze 173
Die Epidermis 177
Rindengewebe 183
Holzgewebe 185
Intercellularräume 189
Gewebe der Wurzel 192
Die Scheitelzelle 194
Die Keimzellen der Pflanze 196
8. Kapitel: Der Untergang der Zelle 215
9. Kapitel: Schlussbetrachtungen 220

Einleitung.

So lange, als der Mensch zu denken vermag, so lange hat er es auch versucht, sich einen Aufschluss über das zu geben, was wir schlechtweg als „Leben“ bezeichnen. Die Entstehung der organischen Welt bietet ja so viel Geheimnissvolles — und selbst noch für denjenigen, der sie zu seinem Studium gemacht hat —, dass es wohl verständlich ist, wie die Philosophen aller Zeiten auf die ernsteste Weise, wenn auch mit den verschiedensten Mitteln, einen Aufschluss über diese Frage zu erlangen versuchten. — Es musste zu allen Zeiten einem jeden Beobachtenden auffallen, wenn plötzlich in einer scheinbar leblosen Masse ein mannigfaches Leben auftrat, wenn die Substanz, welche früher starr und leblos dalag, unvermuthet den Sitz einer grossen Reihe verschiedenster Lebewesen darstellte.

Gedanken über die Entstehung des Lebens und über die Bildung der organischen Welt finden wir denn auch schon bei den ältesten griechischen Philosophen. Allerdings versuchten dieselben auf rein synthetischem Wege der Lösung der Frage näher zu kommen, ihre Hilfsmittel gestatteten ihnen nicht, die Natur so zu betrachten, wie sie betrachtet sein will; dies blieb z. Th. der Neuzeit vorbehalten. Aber gerade zwischen jenen alten Zeiten und der Neuzeit liegt eine Periode, voll des Aberglaubens und der Phantasterei, und innerhalb derselben sehen wir dann auch die abenteuerlichsten Ideen über die Entwicklung des Lebendigen zu Tage treten. Es ist diese Zeit die des sogenannten Mittelalters der Geschichte, in welchem bekanntlich sämmtliche Wissenschaften in der wundersamsten Art und Weise verarbeitet und gelehrt wurden. Demjenigen, welcher die strengen Untersuchungen und die gewonnenen klaren Resultate des alten Aristoteles liest, wird es auffallen, dass er im Mittelalter eigentlich nichts weiter als wissenschaftliche Spukgeschichte, wie man sie bezeichnen könnte, vorfindet. Und diese Ideen, sie haben bis in die neueren Zeiten

nachgewirkt und haben bis in die neuesten Zeiten die Wissenschaften gehemmt und beeinflusst. Es ist noch gar nicht so lange her, dass allen Ernstes von wissenschaftlichen Forschern behauptet wurde, dass plötzlich in Substanzen, welche vorher kein Leben und auch nicht die Keime von Lebendigem zeigten, Leben selbst entstehe. Gerade die niedrigsten Lebewesen sollten sich in faulenden organischen Stoffen direct bilden und aus den niedrigsten Lebewesen würden sich dann schliesslich nach und nach die höchsten entwickeln. Es klingt dies genau so, wie jener Bericht mittelalterlicher Forscher, dass aus faulendem Holz zunächst kleine Würmchen entständen, dass sich diese Würmchen vergrösserten, dass sie Muscheln darstellten und dass endlich die Muscheln die Gestalt junger Gänse annahmen, in welcher Ausbildung sie davongeflogen seien. —

Allerdings tritt das Leben oft in überraschender Weise auf; wir finden plötzlich den Abschluss einer langen Entwicklungsreihe, ohne uns über das Vorhergegangene irgendwie Rechenschaft geben zu können. So sehen wir beispielsweise innerhalb des Körpers der Menschen und höherer Thiere, in dem Blute oder den Eingeweiden derselben, complicirte Lebewesen, schmarotzende Formen auftreten; wir gewahren, wie sie den Organismus zerstören und das Leben oft bedrohen. Aber wir wissen noch lange nicht in allen Fällen genau, wie nun diese Lebewesen in den Organismus hinein gekommen sind. Erst die angestrengteste Arbeit und der Aufwand grösster Mittel haben uns in neuerer Zeit einen sicheren Aufschluss darüber gegeben: dass diese Schmarotzer von aussen her, zum Beispiel mit der Nahrung, in den Körper des Menschen und höherer Thiere eindringen, dass sie im Körper selbst aus Keimen (Sporen oder Eiern) entstehen oder dass sie schon ausserhalb des Körpers auf eine gewisse, oft recht hohe Stufe der Entwicklung gelangten. Den Forschern vergangener Jahrhunderte, denen unsere Hilfsmittel nicht zu Gebote standen, musste es natürlich erscheinen, dass die Schmarotzer spontan innerhalb der Körper höherer Lebewesen entstanden seien. Solche Ansichten wurden ja zum Theil noch vor wenig Jahren von gebildeten Forschern vertreten.

Das Bestreben der neueren Naturforscher geht dahin, einheitliche Gesichtspunkte zu finden, nach welchen die Kräfte und Stoffe, die Lebewesen u. s. w. um uns herum zu betrachten sind. Es ist ja bekannt, dass heutigen Tags der Physiker die Gleichheit der Kraft annimmt, er weiss, dass dasjenige, was er als Wärme, als Licht

und Electricität bezeichnet, schliesslich nichts anderes ist als gesetzmässig verlaufende Schwingungen der Materie. Auch der Chemiker versucht, die Stoffe, welche sich ihm zur Untersuchung darbieten, von einheitlichen Gesichtspunkten aus zu betrachten, ja, in der Neuzeit sind Gedanken aufgetaucht, welche darauf hinausgehen, sämmtliche bekannte Stoffe auf wenige einheitliche Elemente zurückzuführen.

Auch der Forscher, welcher sich mit der lebenden Natur beschäftigt, versucht etwas Gemeinsames aufzudecken, nach welchem die verschiedenen Organismen betrachtet werden könnten. Es ist der Wissenschaft in der That gelungen, ein Gemeinsames zu erkennen. Der Laie wird allerdings schwer begreifen, wie beispielsweise der Mensch, der Eichbaum und das Infusionsthierchen Gemeinsames besitzen sollten. Er sagt von denselben höchstens, dass alle drei Leben besässen, aber so ohne Weiteres wird es ihm nicht klar, dass das Leben bei allen dreien in ähnlicher Gestalt auftritt. Allerdings, wenn wir die ausgebildeten Formen betrachten, so dürfte nicht viel Uebereinstimmendes zu finden sein; ganz anders, wenn wir die ersten Entwicklungszustände dieser drei so verschiedenen Lebewesen ins Auge fassen. Da wird es selbst der Laie zugeben, dass diese Entwicklungszustände, die sogenannten Eizellen und die Ruhezelle des Infusoriums doch eine grosse Anzahl von übereinstimmenden Merkmalen besitzen.

Das Gemeinsame nun, welches in der gesammten organischen Welt zu finden ist, bezeichnen wir als „Zelle“. In dieser Arbeit muss allerorts gezeigt werden, dass alle Organismen entweder aus Zellen zusammengesetzt sind, oder auf die einfache Zelle zurückgeführt werden können. — Das Leben, wie es sich in der Zelle kund giebt, ist aber an Grundstoffe gebunden, und diese lebenden Grundstoffe bezeichnen wir als die lebende Substanz, das Zellplasma oder Protoplasma (Zellgebilde oder Urgebilde). Diese belebte Substanz ist dasjenige, welches sowohl im Infusorium als auch im Eichbaum oder im Körper des Menschen die Erscheinungen und die Processe veranlasst, welche wir als Lebensäusserung bezeichnen. Weiterhin ist nachzuweisen, dass der Kohlenstoff mit wenigen anderen Elementen in der lebenden Substanz Verbindungen eingeht, die allerdings sehr schnell wechseln und durch neue ersetzt werden. Der Kohlenstoff, den wir in reinster Form im Diamant oder im Graphit kennen, ist dann auch derjenige Körper unseres Planeten, welcher die Lebenserscheinungen vermittelt, durch dessen Anwesenheit die

Lebenserscheinungen allein vor sich gehen können. Mit verhältnissmässig wenig Elementen vermag der Kohlenstoff eine Unsumme verschiedener Verbindungen einzugehen. So lehrt uns ja die Chemie, dass allein die Anzahl der echten Kohlenstoffverbindungen weit über 10 000 beträgt und von diesen Verbindungen kommt ein grosser Theil innerhalb der Organismen vor.

Die Stoffe um uns herum treten in zweierlei Weise auf. Zunächst als solche, welche ihre Form und ihre Zusammensetzung nicht ändern, falls sie unter gleichen äusseren Bedingungen belassen werden. Dieselben führen die Bezeichnung „nichtorganisirte, anorganische" Substanz — so beispielsweise der Kieselstein und der Tropfen Wasser, die Luft u. s. w.; sie bleiben stets in derselben Beschaffenheit, wenn sie unter gleichen Verhältnissen erhalten werden.

Schliessen wir, um dies zu illustriren, einen Wassertropfen und etwas Luft in ein Glasröhrchen, welches allseitig zugeschmolzen ist, ein und halten wir das Glasröhrchen unter gleicher Temperatur, so wird der Tropfen Wasser in demselben nie und nimmer das Bestreben zeigen, sich chemisch oder physikalisch zu verändern, er bleibt eben Wasser mit den gleichen Eigenschaften, die er vorher auch besass; ebenso ist es mit all' den sogenannten anorganischen Körpern um uns herum.

Ganz anders verhält sich nun die lebende Materie, die sogenannte organisirte. Sie setzt sich, was ihr chemisches Verhalten anlangt, auch nur aus wenigen Grundsubstanzen zusammen. Aber die Grundstoffe liegen nicht ruhig nebeneinander, sondern sie gehen fortwährend neue Bildungen ein, verändern in kurzer Zeit ihre Zusammensetzungen und damit ihre Eigenschaften. Wenn wir beispielsweise in dem obengedachten Tropfen Wasser einen Pflanzenkeim hineinbringen, so zeigt sich, dass sich derselbe nicht wie das Wasser verhält, d. h. einfach in Ruhe bleibt, sondern, dass er sich verändert. Er wird grösser, was meist leicht mit blossen Augen zu constatiren ist.

Untersuchen wir nun seine Zusammensetzung, so lässt sich sofort nachweisen, dass dieselbe wesentlich von der früheren verschieden ist. Er hat Wasser und Luft aufgenommen und in seinem Körper weiter verarbeitet, vermittelst derselben eine grössere Anzahl neuer Verbindungen erzeugt und neue Formen geschaffen, die vorher nicht existirten. Gerade diese Processe bezeichnen wir als Leben. In einem späteren Kapitel ist darüber das Wichtigste zu sagen, soweit wenigstens, als darüber bis jetzt bekannt geworden ist.

Die organische Masse oder die lebende Substanz, welche soeben vorläufig kurz charakterisirt wurde, ist aber, wie auch schon erwähnt, wieder in ganz bestimmte Formen gefasst. Auch diese Formen stellen sich, wenn sie genauer betrachtet werden, als ähnlich dar. Es lassen sich an ihnen verschiedene Uebereinstimmungen constatiren, wir finden etwas Gemeinsames, und insofern gleichen sich die äusserlich unter Umständen sehr verschieden aussehenden Lebewesen; sie müssen eben auf ihren feinsten Bau hin geprüft werden. Der Raum, auf welchen die lebende Substanz beschränkt ist, in welchem sie wirken kann, ist nicht sehr gross, sondern im Gegentheil verhältnissmässig klein, in der Regel nur so klein, dass starke Vergrösserungen anzuwenden sind, um ihn genau wahrnehmen zu können.

Es darf aber nicht vorausgesetzt werden, dass die lebende Substanz, welche einen hohen Körper zusammensetzt, beispielsweise den des Menschen, in allen Theilen gleichartig wirkt, sondern bei genauer Betrachtung der Zusammensetzung einzelner Organe u. s. w. wird sich ergeben, dass dieselben wieder aus feineren Theilchen aufgebaut erscheinen, die in wechselnder Bläschenform auftreten und das Gemeinsame darstellen, welches allen Organismen eigen ist, die sogenannten Zellen.

Trotzdem die Verhältnisse, dem jetzigen Standpunkt der Wissenschaft entsprechend, nicht schwer darzustellen sind, hat es doch noch bis zur Mitte dieses Jahrhunderts gedauert, ehe man sich darüber klar wurde, welche Theile des Körpers man als die eigentlich wichtigen, allen Organismen gemeinsamen anzusehen hätte.

Das Mikroskop war schon lange Zeit hindurch ein Hilfsmittel bei wissenschaftlichen Untersuchungen und dennoch blieb den Forschern das Gemeinsame, das sich in der lebenden Welt findet, verborgen und zwar wohl aus dem Grunde, weil man sich bei den einfachen Untersuchungsmethoden noch keine rechte Vorstellung über den feineren Bau der Organismen zu machen vermochte.

Schon seit dem 16. Jahrhundert hatte man eine Reihe von Details kennen gelernt. Man kannte schon viele Elemente des Körpers, wusste auch, dass sie zum Theil niederen Thierformen glichen, aber die Uebersicht war noch nicht gross genug, es liessen sich die gewonnenen Resultate nicht überall verwerthen.

Erst Schleiden und Schwann versuchten es gegen Ende der dreissiger Jahre dieses Jahrhunderts, das Gemeinsame, welches sich in allen Organismen findet, unter einheitlichem Gesichtspunkt

zu betrachten. Sie gaben die ersten Anfänge einer eigenen Lehre von den Geweben und ihrer Bildung; sie zeigten, dass man unter einem Gewebe eine Summe von Zellen zu verstehen habe, welche nebeneinander gelagert seien, und welche untereinander unter Umständen verschiedene Formen darbieten, verschiedene Functionen zu übernehmen hätten, dass aber doch in einem jeden Gewebe eine grosse Summe von gleichartigen Zellen auftreten, die sich sowohl in ihrem Bau als auch in ihren Lebenserscheinungen als gleichwerthig darstellten.

Die Untersuchungen Schleidens und Schwanns stehen natürlich mit den Untersuchungen anderer Forscher im engsten Zusammenhang. Sie gingen nur weiter, als man es bis dahin gethan hatte, und besonders war es der letztgenannte Forscher, welcher durch seine so berühmt gewordene Arbeit, in den „mikroskopischen Untersuchungen über die Uebereinstimmung in der Structur und dem Wachsthum der Thiere und Pflanzen“ der Wissenschaft neue Bahnen vorzeigte.

Seit jener Zeit haben sich dann eine grosse Anzahl von Forschern dem Studium dieser Zellen zugewandt und heutzutage hängen die Fortschritte der medicinischen Wissenschaft, die Fortschritte jener Lehre, welche sich die Erforschung des Lebens zum Ziele gemacht hat, vollständig von den Resultaten ab, welche bei der Untersuchung der Elemente des Körpers, der Zellen, heraus kommen.

Es ist daher auch nothwendig, dass die Resultate dieser Untersuchungen weiteren Kreisen zugänglich gemacht werden, denn die Wissenschaft arbeitet ja nicht allein für ihre Vertreter, sondern es ist in letzter Instanz ihr Zweck Gemeingut aller Gebildeten zu schaffen, die Resultate, die sie erzielt, sollen allen Menschen zu Gute kommen.

Wer heute die gewaltigen Fortschritte in der Medicin verfolgt, der wird sehen, dass überall ein Hauptgewicht auf die mikroskopische Untersuchungen gelegt wird und dem wird es klar werden, dass das Mikroskop unser wichtigstes Hilfsmittel ist, dass wir durch dasselbe vielfach erkennen können, welche Vorgänge unser Leben in Gefahr bringen, in welchen Formen sich das Leben darstellt und wie die feineren Lebensprocesse verlaufen; der wird erfahren, dass vielfach durch die mikroskopischen Untersuchungen gezeigt werden kann, wie wir zu leben haben, um uns unter den verschiedenartigsten Verhältnissen, in denen ja der Mensch leben muss, normal zu erhalten. Das Mikroskop lehrte uns eine Reihe Feinde des Organismus kennen, das Mikroskop gab uns aber auch Aufschluss.

wie wir diese Feinde zum Theil zu besiegen hätten: es zeigte uns, unter welchen Umständen sie zu leben vermögen, welche äussere Bedingungen ihnen schaden. Allein schon aus diesem Grunde ist es Pflicht der Laien und weiterer Kreise, sich die Resultate, welche der Forscher durch das Mikroskop gewonnen hat, bis zu einem gewissen Grade zu eigen zu machen.

Die Hauptresultate in gemeinfasslicher Weisse zusammenzustellen, ist Zweck dieser Arbeit. Dass dabei vieles nur flüchtig berührt werden kann, ist selbstverständlich; aber es soll wenigstens versucht werden, das Wichtigste zusammenzufassen und zwar nicht vom einseitigen Standpunkt aus, sondern möglichst vielseitig, nicht bloss einfach äusserlich beschreibend, sondern auch tiefer auf die einfachsten Lebensprocesse selbst eingehend, um so schiesslich in's Gesammt ein Bild von dem bieten zu können, was heutzutage unter Lebensprocess u. s. w. zu verstehen ist.

ERSTES KAPITEL.

Allgemeine Betrachtungen über die Zelle.

Durch alle Untersuchungen ist es bekannt geworden, dass ein jedes Lebewesen, mag es uns in Formen entgegentreten, welche untereinander in der allermannigfachsten Weise verschieden sind, doch auf einem gewissen Stadium der Entwicklung nichts weiter darstellt als ein einfaches Bläschen, erfüllt mit jener organischen Grundsubstanz, welche die Eigenschaften besitzt, die ein jedes Lebewesen besitzen muss, welche Nahrung aufnimmt, sich bewegt, wächst und schliesslich sich vermehrt. Daher hat denn auch die neuere Wissenschaft einige Grundsätze aufgestellt, welche bei allen ihren Betrachtungen zum Ausgangspunkt gemacht werden müssen.

Der eine derselben wurde schon im 17. Jahrhundert von dem geistreichen englischen Arzt und Naturforscher Harvey formulirt. Er lautet: „Ein jedes Leben aus dem Ei!“

Dadurch soll ausgedrückt werden, dass allen Lebewesen auf einem Stadium der gleiche Bau zukommt.

Zwei Jahrhunderte später erkannte und erforschte man, dass das Ei im Grossen und Ganzen auch weiter nichts darstelle, als eine Zelle. Eine Zelle allerdings mit complicirten Eigenschaften, oft mit so complicirten, dass wir auch trotz der verschiedenen Fortschritte unserer Wissenschaft uns noch nicht annähernd einen Begriff von seinem Wesen machen können. Daher stellte man denn mit Fug und Recht neuerdings den Satz auf: „Ein jedes Ei eine Zelle!“

Das Studium der Zelle hat nun endlich weiterhin ergeben, dass ein jeder dieser kleinsten Bausteine des Körpers alle die Hauptfunctionen auszuüben vermag, welche der complicirt gebaute Organismus auch ausübt, und in Folge dessen ist man gezwungen worden, diesen beiden Grundsätzen noch einen dritten hinzuzufügen, welcher lautet: „Eine jede Zelle ein Lebendes!“

Auf den ersten Blick erscheinen allerdings diese Sätze, welche so einfach dastehen, unvollständig und schwer erweisbar. In der Folge wird jedoch Schritt für Schritt nachgewiesen werden, dass der Zusammenhang, welcher durch diese drei Sätze ausgedrückt werden soll, in der That vorhanden ist, dass alles Leben auf einem Stadium ein Gemeinsames hat und dass dieses Stadium selbst schon wieder ein Lebendes darstellt.

Es ist ja gewiss, dass solch allgemein gehaltene Sätze vielfach Anstoss erregen müssen, denn in weiteren Kreisen weiss man wohl, dass gewisse Thiere sich durch Eier fortpflanzen, aber es ist trotz der Höhe unserer Wissenschaft doch noch nicht allgemein bekannt, dass sich sämmtliche Thiere aus Eiern entwickeln und dass ebenso sämmtliche Pflanzen auf ihren frühesten Stadien in einer Form auftreten, welche der thierischen Eizelle ungemein gleicht. Der Botaniker gewöhnt sich heutzutage auch mehr und mehr daran, die weiblichen Keime der Pflanzen als Ei zu bezeichnen, ganz analog den weiblichen Keimen der Thiere.

Die Unterschiede, welche in der organischen Welt vorhanden sind, wenn dieselbe von dem ebengenannten Gesichtspunkte aus betrachtet wird, häufen sich allerdings sehr, wenn Formen zur Beobachtung kommen, welche weit von einander entfernt sind, wenn wir — wie schon erwähnt wurde — beispielsweise den Eichbaum, den Menschen und ein Infusorium miteinander vergleichen.

Um eine richtige Uebersicht zu gewinnen, ist zunächst das Charakteristische der Zelle dem äusseren Bau und der inneren Ausbildung nach zu erwähnen.

Allgemeine Form und Grösse der Zelle.

Es ist nicht möglich, dass die organische Grundsubstanz in jeder beliebigen Menge gleichartig wirksam sein kann, sondern, wo auch untersucht werden mag, überall tritt dem Beobachter das Gesetz entgegen, dass nur eine verhältnissmässig geringe Menge lebender Substanz (Plasma) im Stande ist, alle die Functionen auszuüben, welche von ihr verlangt werden, falls der Organismus den Anforderungen genügen soll, welche an das Leben gestellt werden.

Es wäre nicht ausgeschlossen, dass unter anderen Existenzbedingungen, als die heutigen sind, auch wesentlich andere Formen und Grössenverhältnisse bei den Elementen, die wir jetzt besprechen wollen, auftreten würden, aber so, wie uns jetzt das Leben

entgegentritt, bei den jetzt herrschenden Verhältnissen in der Zusammensetzung der Luft, im Verhältniss des Wassers zur Luft, im Verhältniss der Temperatur u. s. w., ist es nicht möglich, dass die vorhandenen Lebewesen in grösseren abgeschlossenen Formen vorkommen, als wir sie finden.

Das müssen wir uns gleich von vornherein klar machen, dass ein jedes Lebewesen von den äusseren Bedingungen abhängig ist. Da das Leben irgend eines Bewohners dieser Erde nur die Summe der Lebenserscheinungen der einzelnen Zellen ausmacht, aus denen der betreffende Organismus besteht, so ist stets zu berücksichtigen, dass alle die äusseren Einflüsse direct auf die Zellen einwirken werden und dass es die Zellen selbst sind, welche zunächst diesen Einflüssen entsprechend Aenderungen erfahren. Das Mikroskop lehrt uns täglich und stündlich, dass unter den jetzt herrschenden Bedingungen nur Zellen von beschränkten Grössenverhältnissen zu existiren vermögen. Allerdings zeigt es sich auch, dass es besonders günstige Bedingungen giebt, die noch näher zu besprechen sein werden, unter denen das Durchschnittsmass der Zellgrösse bedeutend überschritten wird. Zellen welche einen grösseren Bruchtheil eines Millimeters im Durchmesser haben, werden schon als bedeutend grosse angesehen. Die kleineren derselben und die kleinsten besitzen endlich Dimensionen, welche schon starke Vergrösserungen voraussetzen, um sie genauer erkennen zu können. Es sind Zellen bekannt, welche nur $^1/_{1000}$ mm und oft noch weniger Durchmesser besitzen und doch stellen sich dieselben noch als vollkommen selbstständige Organismen dar. Wie sich das Verhältniss der Grösse zur Lebensenergie der einzelnen Zelle stellt, ist in einem späteren Kapitel zu betrachten, jetzt wird es nöthig sein, sofort einige typische Formen näher ins Auge zu fassen.

Die alten Forscher haben den Ausdruck Zelle für die Elemente gewählt, welche den Körper der Thiere und Pflanzen zusammensetzen. Durch diesen Ausdruck wird in der That die allgemeine Form dieser Bausteine am besten bezeichnet, denn im Grossen und Ganzen tritt uns die Zelle in Gestalt eines geschlossenen Bläschens entgegen, welches, falls es isolirt wird, Kugelform anzunehmen trachtet. Das Bläschen besteht aus einer grösseren Summe von einzelnen Theilen, die sich durch ihr physikalisches und chemisches Verhalten wesentlich voneinander unterscheiden.

Betrachten wir ein solch rundliches Bläschen bei starken Ver-

grösserungen etwas genauer, so stellt es sich in seinem Bau ungefähr dar, wie es die nebenstehende Abbildung wiedergiebt. Auf den ersten Blick wird jeder erkennen, dass eine grössere Anzahl von verschiedenen Theilen den gesammten Zellleib bilden, auch selbst die schematische Zeichnung lässt Differenzirungen erkennen.

Fig. 1. Typus einer einfachen isolirten Zelle im Durchschnitt gesehen. k Kern; n helle Zone in nächster Nähe u. im Umkreis des Kernes; q mittlere Zellschicht, hier körnig, f Fetttröpfchen in derselben; m Zellhaut (Membran).

Im Innern befindet sich mit grosser Konstanz ein das Licht stark brechender, in der Regel rundlicher Körper, der wie der Kern in einer Frucht liegt und entsprechend der Aehnlichkeit mit dem eben angezogenen Vergleiche auch als Kern (Nucleus) bezeichnet wurde und heute noch bezeichnet wird. Was er für Eigenschaften hat, das ist später noch zu betrachten. Um ihn herum findet sich ferner eine mehr oder minder zähflüssige Masse, welche als Zellsubstanz im engeren Sinne bezeichnet wurde. Es muss gleich von vornherein bemerkt werden, dass dieselbe nicht etwa einen einheitlichen Stoff darstellt, sondern aus einem Gemisch von verschiedenen Stoffen besteht, dass in ihr auch wieder eine Reihe von Differenzirungen auftreten, die ziemlich konstant zu erkennen sind, und die im Laufe unserer Betrachtungen näher auseinandergesetzt werden müssen. Endlich findet sich ganz zu äusserst, in den bei weiten meisten Fällen, eine festere Schicht, die als Zellhaut (Membran) unterschieden wird und die besonders bei Pflanzenzellen mächtig entwickelt ist.

Fig. 2. 1. Zellmembranen in blasiger Form (aus Gallertgewebe); 2. eine Zelle räumlich dargestellt; 3. eine Zelle im Durchschnitt.

Diese Zellhaut oder Zellmembran bestimmt zum Theil die Form der Zelle, sie ist es auch gewesen, nach welcher man den Ausdruck Zelle geschaffen hat, denn in vielen Pflanzentheilen geht die übrige, oben besprochene Zellmasse zu Grunde und nur die Membran bleibt bestehen. Dann hat allerdings der Rest vollkommen das Aussehen einer Zelle, aber das Leben fehlt ihm. Man kann sich von der Aneinanderlagerung gleichartiger Zellen, wie sie in Geweben vorkommen, ungefähr ein Bild machen, wenn man schaumgebende Flüssigkeiten, z. B. Seifenwasser oder Bier, in einer Flasche schüttelt. Es wird dann unter Umständen ein grossblasiger

Schaum entstehen, d. h. es finden sich eine Menge von einzelnen Hohlräumen, welche ja allseitig von Flüssigkeit umgeben werden. Die Flüssigkeit tritt in Form dünner Häutchen oder Scheidewände auf. Diese Scheidewände stehen sammt und sonders untereinander in Verbindung; sie würden den Zellhäuten innerhalb eines Gewebes entsprechen, während die eigentliche Zellsubstanz dem Luftquantum gleich zu setzen wäre, das sich in einem solchen Bläschen vorfindet. Alle diese Hohlräume sind mit einem gewissen Recht als Zellen zu bezeichnen. Sie zeigen auch in der That viele Eigenthümlichkeiten der Zellen. Dort, wo freie Flächen sind, also an der Oberfläche des Schaumes, erscheinen sie abgerundet und häufig in einer gleichmässigen Schicht in einer Ebene nebeneinander gelagert. Im Innern aber haben sich allseitig stets mehrere solche Bläschen nebeneinander gelagert, sie beeinflussen einander, ein jedes strebt dahin, eine rundliche Gestalt anzunehmen, dies ist aber nicht möglich, weil die nebenliegenden sofort durch das gleiche Bestreben dies hindern, in Folge dessen wird die Gestalt eines Bläschens eine vielseitige, d. h. die einzelnen Räume werden von verschiedengestalteten, vielseitigen Flächen begrenzt. Im Gewebe können sich die freien Flächen auch abrunden und sie thun es in der That bei sehr einfachen Geweben. Dort, wo mehrere Zellen aufeinander stossen, werden sie Flächen bilden, die in ihrer Gesammtheit dem einzelnen Zellindividium ein unregelmässiges Aussehen verleihen. Das Factum, dass eine jede Zelle bestrebt ist, Kugelform anzunehmen, oft aber durch die Zellhaut daran gehindert wird, zu diesem Ziele zu gelangen, muss fest gehalten werden. An dieser Stelle muss aber gleich bemerkt werden, dass es nicht durchaus nothwendig ist, dass eine Zelle eine Membran besitzt. Früher nahm man dieselbe allerdings als ein Hauptkriterium der Zelle an. Nachdem aber die verschiedenen Gewebe und Zellen auf diese Verhältnisse hin geprüft worden waren, lernte man einsehen, dass es nicht die Membran sei, welche an erster Stelle für die Zelle von Wichtigkeit ist, sondern dass es auf den Zellinhalt selbst ankommt. Der Zellinhalt ist es, welcher den grössten Theil der Functionen übernimmt und den Character der Zelle überhaupt meist bestimmt.

Wie erwähnt wurde, ist im Zellinhalt ein Kern und die sogenannte Zellsubstanz zu unterscheiden. Es war nun längere Zeit hindurch fraglich, welcher von diesen Bestandtheilen der eigentlich wichtige sei. Schliesslich hat man auch wieder angenommen, dass der Kern den hauptsächlichsten Theil der Zelle ausmachte. Es ist allerdings

wahr, dass dem Kerne eine grosse Menge von Hauptfunctionen zukommen, aber es ist andererseits wieder zu berücksichtigen, dass dieses Gebilde ohne die Zellsubstanz nicht wirksam sein kann und nicht wirksam ist. Was wir über die Functionen des Zellinhalts wissen, wird nach und nach auseinandergesetzt werden. Hier mag die eben gemachte Andeutung genügen.

ZWEITES KAPITEL.

Der Zellinhalt.

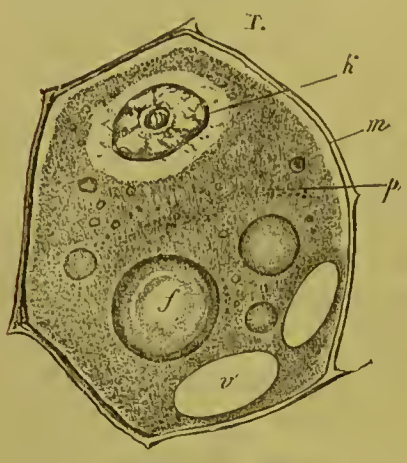
Wie eben kurz erwähnt wurde, ist der Inhalt das eigentlich Wichtige an der gesammten Zelle. Deshalb ist demselben auch zunächst alle Aufmerksamkeit zuzuwenden und er ist in einem besonderen, grösseren Abschnitte auf sein verschiedenes Verhalten hin zu betrachten.

Der Zellinhalt stellt sich innerhalb der verschiedenen Zellen unter Umständen in wesentlich verschiedener Weise dar. Bei oberflächlichster Betrachtung zeigt sich, dass er entweder hell erscheint, vollkommen farblos, oder dass er eine verschiedene Färbung besitzt und ausserdem verschiedene Structuren aufzuweisen hat.

Bei einer sehr oberflächlichen Untersuchung desselben ergiebt sich ferner, dass er zum Theil flüssig oder homogen, zum Theil in festeren Formen auftritt. Die Flüssigkeit, welche das Zellinnere erfüllt, ist entweder vollkommen wasserhell, oder sie erscheint leicht gefärbt. Die festeren Bestandtheile, welche deutliche Umgrenzungen besitzen, sind in diese Flüssigkeit eingeschaltet; sie treten uns in allermannigfachster Form entgegen; entweder in Gestalt feinster, kaum noch bei stärksten Vergrösserungen wahrnehmbarer Körnchen, wir sagen dann, der Zellinhalt ist sehr „feinkörnig“, oder die Körnchen sind grösser, es wird der Zellinhalt dann als „körnig“ bezeichnet; sind sie sehr gross und deutlich sichtbar, so genügt diese Bezeichnung nicht mehr, sondern es muss der Zellinhalt dann nach der jeweiligen Beschaffenheit der Zelle näher charakterisirt werden.

Die Körnchen selbst sind nun auch wieder innerhalb der verschiedenen Zellen ganz verschieden, auch wenn sie äusserlich gleiche Grösse und gleiche Formen besitzen. Sie können rundlich sein oder elliptisch, oder auch unregelmässig geformt. Sie sind gefärbt oder ungefärbt. Ausserdem verhalten sie sich dem Licht gegenüber in

verschiedenster Weise; einige sind sehr dicht und lassen in Folge dessen die Lichtstrahlen nicht gleichmässig gut durchgehen, andere brechen sie stark und erscheinen hellglänzend; andere sind beinahe von derselben Dichtigkeit wie der übrige Zellinhalt und daher nur schwer zu untersuchen; wieder andere können noch eine geringere Dichtigkeit besitzen wie der Zellinhalt und sich dementsprechend verschieden verhalten.



Wenn die Körnchen gefärbt erscheinen, so besitzen sie auch meist ein gelblich-grünliches Aussehen, aber wir kennen noch solche, welche lebhafte Farbe besitzen und zwar in den verschiedensten Nüancirungen gefärbt sind. Es giebt rothe, braune, gelbe, grüne und blaue oder violette Körn-

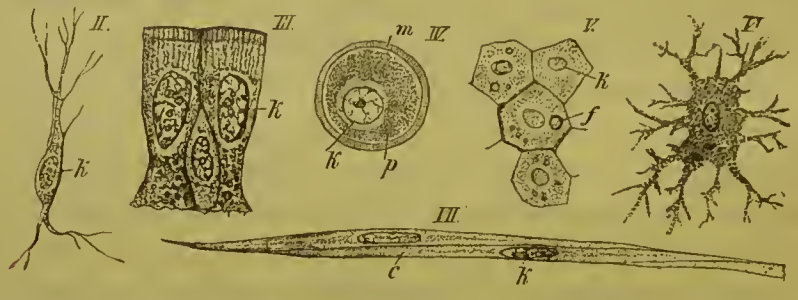


Fig. 3. Zellen von verschiedener Form: I. Schema einer Zelle. m Zellhaut, k Kern p Zellsubstanz mit verschiedenen, das Licht brechenden Einschlüssen, f Oelkugel, v mit heller Flüssigkeit gefüllte Bläschen (Vacuolen). II. Zellen aus dem Gewebe eines Thieres mit zweigartigen Fortsätzen. III. 3 Zellen eines Epithels. Die beiden grossen eigentliche Epithelzellen, die mittlere kleinere eine sog. Stützzelle. IV. Ei des Menschen. Der Kern k wird hier wohl auch als Keimbläschen bezeichnet. Der dunkle Fleck im Innern desselben ist der Keimfleck. V. 4 Zellen aus dem Lebergewebe eines Thieres. VI. Sog. Pigmentzellen eines Salamanders. Der gesammte Zellinhalt wird von kleinen gefärbten Körperchen erfüllt, die der Zelle die charakteristische Färbung geben, aber die übrige Zellstruktur verdecken. Die Fortsätze, welche sich astförmig verzweigen, können eingezogen werden, sie erstrecken sich zwischen nebenliegende Zellen. — VII. 2 Muskelzellen, sog. glatte Muskelfasern. c. Die hier peripherisch gelegene, zusammenziehbare Substanz. Im Uebrigen sind die gleichartigen Bezeichnungen bei allen Figuren gleichbedeutend; näheres betreffs der einzelnen Zellen in späteren Kapiteln.

chen und dementsprechend erscheint dann oft die gesammte Zelle in der bestimmten Weise verschieden gefärbt (z. B. Hautzellen der Frösche und Reptilien, Zellen der Pflanzenblätter u. s. w.).

In anderen Fällen besteht dieser feste Inhalt aus kleinen Täfel-

chen oder Krystallen verschiedener Körper; dann erscheinen die Zellen oft schillernd, zum Theil metallisch glänzend; wir werden solche in unseren weiteren Betrachtungen kennen lernen.

Aber der Kern und die Zellsubstanz zeigen das eben geschilderte Verhalten nicht gleichmässig. Es tritt besonders der Umstand hervor, dass im Kern und in der Zellsubstanz häufig verschiedene Mengen fester Massen abgeschieden sind. Es kann entweder der Kern körnig erscheinen und die Zellsubstanz beinahe körnchenfrei oder es ist umgekehrt der Kern körnchenfrei und die Zellsubstanz stark körnig.

Weiterhin können in der Zellsubstanz verschiedene Schichten auftreten, die sich nach mannigfachen Gesichtspunkten hin verschieden verhalten. In der Regel liegen diese Schichten concentrisch umeinander. Es lässt sich dann im Umkreis des Kernes eine unter Umständen feinkörnige Schicht unterscheiden, auf diese folgt nach aussen zu eine grobkörnige, während wieder ganz zu äusserst unter der Zellhaut eine ganz feinkörnige auftritt, oder es kann das Verhältniss zwischen den einzelnen Schichten ein anderes sein.

Die Körnchen, sowohl die kleineren als auch die grösseren, liegen weiterhin nicht immer regellos innerhalb der Zellmasse, sondern erscheinen häufig in ganz bestimmten Zügen aneinandergelagert, entweder strahlig gegen den Kern als Mittelpunkt oder in Form von Bändern, Schlingen, Schleifen, Netzen u. s. w. Diese Zusammensetzung wechselt sehr, je nach dem Umstand, in welchem sich die Zelle gerade befindet.

Ausserdem ist die gesammte Zellmasse, worauf später noch zurückzukommen ist, in einer steten Bewegung.

1. Das physikalische Verhalten des Zellinhalts.

Trotzdem die Zellsubstanz aus verschiedenen zusammengehörigen Stoffen besteht, sind in dem lebenden Organismus die einzelnen Zellen doch nicht frei getrennt nebeneinander, sondern es besteht zwischen ihnen ein Zusammenhang, den wir als Cohäsion bezeichnen können; dieselbe dehnt sich nicht nur auf die einzelnen Zellen, sondern auch auf die Zellschichten aus.

Es ist die Cohäsion eine ziemlich beträchtliche, denn es hält beispielsweise schwer, gewisse Zellen aus ihrem Zusammenhang heraus zu bringen oder gewisse Zelltheile zu zerreissen. Besonders sind es die Membranen der Zellen oder Ausscheidungsproducte derselben, welche sehr innig in ihren einzelnen Theilen miteinander ver-

bunden sind. Es braucht hier ja beispielsweise nur an die Festigkeit des Holzes oder des Elfenbeines, der Sehnen, der Knorpelmassen, Knochen u. s. w. erinnert zu werden. Aber auch die Adhäsionserscheinungen, also das Vermögen, sich mit nicht gleichen Zellen innig zu verbinden, sind sehr beträchtlich; meist hält es sehr schwer, verschiedene Zellschichten voneinander zu lösen.

Die oberste Haut unseres Körpers besteht aus zusammenhängenden, einheitlichen Zellschichten, aber es gelingt uns nicht, sie durch einfachen Zug von den unter ihnen liegenden, wesentlich verschiedenen Geweben zu befreien; ebenso haften die Muskeln vermittelst ihrer Sehnen fest an den Knorpelmassen oder an den Knochen, sie können unter Umständen bedeutenden Zug vertragen, ohne zu zerreissen.

Es könnten diese Beispiele noch beliebig erweitert werden, die hier angeführten mögen aber vorläufig genügen.

Vielfach ist es nun der Fall, dass, um die Erscheinungen der Cohäsion oder Adhäsion zu vergrössern, zwischen die einzelnen Zellen Zwischensubstanzen eingeschaltet werden, welche von dem Zellinhalt selbst wesentlich verschieden sind. Solche Zwischensubstanzen finden sich z. B. in den Knochen, im Knorpel und dann innerhalb des Holzes. Gerade diese Zwischensubstanzen oder Intercellularsubstanzen sind es, welche den betreffenden Geweben bedeutende Festigkeit verleihen und ihnen unter Umständen eine hohe Elasticität gewähren.

Wie schon oben kurz erwähnt wurde, besitzt die lebende Zellmasse eine wechselnde Dichtigkeit. Sie ist meist dichter, als das Wasser und in Folge dessen gehen Lichtstrahlen, welche beispielsweise aus dem Wasser durch Zellen hindurch geleitet werden, nicht geradlinig weiter, sondern sie werden „abgelenkt“, wie man zu sagen pflegt, „gebrochen“. Das Vermögen, die Lichtstrahlen abzulenken, ist aber ein sehr verschiedenes, es verhalten sich hier die Zellen der verschiedenen Gewebe sowohl untereinander verschieden, als auch die einzelnen Zellen selbst, sowie verschiedene Zelltheile.

Es muss, um dies zu verstehen, berücksichtigt werden, dass der Inhalt der Zelle auch nach dem Alter derselben wechselt. Schon eine ganz oberflächliche Betrachtung lehrt uns, dass junge Zellen ein wesentlich anderes Aussehen besitzen als ältere. Die Beweise dafür und die Consequenzen, welche sich hieraus ziehen lassen, werden später noch weiter betrachtet werden.

Die Lichtbrechung ist nun, wie auch schon erwähnt wurde, in

der Zelle selbst wieder eine verschiedene. Es lassen sich mehrere Schichten in der Zelle nach ihrem verschiedenen Lichtbrechungsvermögen hin unterscheiden. Mit nur wenigen Ausnahmen besitzt die Kernsubstanz ein grösseres Lichtbrechungsvermögen als der Zellleib. Wird die Zellsubstanz auch mit geeigneten Hilfsmitteln untersucht, so stellt sich heraus, dass dieselbe ebenfalls in verschiedenen, meist concentrisch umeinander gelagerten Schichten verschiedenes Lichtbrechungsvermögen besitzt, und gerade hierdurch haben wir in vielen Fällen ein Mittel in der Hand, die Schichtung genau erkennen und studiren zu können. Es wird dieselbe selbstverständlich am klarsten hervortreten, wenn die Unterschiede in der Dichtigkeit zwischen zwei Zellschichten bedeutend grosse sind; sie wird weniger klar zum Vorschein kommen, wenn diese Unterschiede kleiner werden, und sie wird vollkommen unbemerkbar sein, wenn das Lichtbrechungsvermögen in einzelnen Schichten das gleiche ist. Wir dürfen daher, wenn wir keine Schichten erkennen können, absolut nicht sagen, dass solche nicht vorhanden wären. In vielen Fällen lässt sich durch künstliche Mittel das Vorhandensein der Schicht noch nachweisen.

Ausserdem sind Zellmassen bekannt, welche das Licht doppelt brechen, andere, welche sich bei polarisirtem Licht ganz verschieden verhalten. Diese Verhältnisse sind aber zum Theil noch so wenig untersucht und zum Theil so complicirt, dass es an dieser Stelle unmöglich erscheint, näher darauf eingehen zu können, zumal auch gerade die Lehre von der Brechung des Lichtes eine der complicirtesten in der gesammten Physik ist und an dieser Stelle weite Auseinandersetzungen beanspruchen würde.

Der körnige Inhalt ist, wie erwähnt wurde, auch durch sein Lichtbrechungsvermögen von dem flüssigen Inhalt verschieden.

Ganz eigenthümliche physikalische Verhältnisse sind noch in der Bewegung, welche den einzelnen Zelltheilen eigen ist, ausgesprochen. Es soll hier vorläufig nicht von Bewegungen grösserer Art, von Körnchenbewegungen, Strömungen u. s. w. gesprochen werden, sondern es sollen zunächst die Bewegungen kleinster Theilchen, jene eigentlichen molecularen Bewegungen ihre Berücksichtigung finden. Es ist bekannt, dass eine grosse Anzahl Thiere eine beträchtliche Eigenwärme besitzen, dass weiterhin andere Thiere unter Umständen zu leuchten vermögen und dass endlich noch andere im Stande sind, Electricität zu erzeugen, um diese nach aussen weiterzuleiten. Die Physik lehrt

dass die Erscheinungen der Wärme, des Lichtes und der Electricität auf Bewegungen kleinster Theilchen beruhen, auf sogenannten Schwingungen der Molecüle. Allerdings ist es noch nicht gelungen, eine ganz genaue Darstellung dieser Schwingungen zu geben, sondern es beruhen die hierüber aufgestellten Gesetze zum Theil noch auf hypothetischen Annahmen, aber andererseits sind bis jetzt noch keine Erscheinungen bekannt, welche diese Hypothesen in zweifelhaftes Licht gestellt hätten.

Die Wärme entsteht innerhalb der Zelle, ebenso wie das Licht und die Electricität, in Folge von chemischen Processen, welche in dem Zellplasma vor sich gehen. Wie diese Processe verlaufen, darüber können wir uns absolut keine Meinung bilden. Bekannt ist, dass dem Thiere und auch der Pflanze eine Eigenwärme zukommt, dass dieselbe unter Umständen sehr beträchtlich sein kann und dass sie am grössten ist, wenn innerhalb der Zelle energische Functionen vor sich gehen. Bei den Pflanzen ist sie leicht messbar, wenn man Pflanzensamen keimen lässt, oder wenn man in die sich öffnenden Blüthen feine Thermometer hineinsteckt. Ausserdem ist bekannt, dass einzelne Pflanzentheile zu gewisser Zeit ganz beträchtliche Wärme erzeugen; so steigt die Wärme in dem Blüthenkolben von Arum dann, wenn sich die Blüthe zum Oeffnen anschickt, um viele Grade. Hier wissen wir genau, dass es ein chemischer Process war, der die Wärme veranlasste, denn während sich vorher in den Zellen Stärke in grossen Mengen vorfand, fehlt dieselbe, sobald der Process der Wärmebildung sein Ende erreicht hat. Genau dasselbe findet auch in den Samen statt, welche zum Keimen gebracht werden; auch hier kann durch chemische Reaction und vermittelst des Mikroskopes constatirt werden, dass einzelne Substanzen innerhalb des Samens verbraucht werden. Ueber die Processe bei der Lichtbildung und bei jener Schwingung, die wir als Electricität empfinden, ist noch wenig bekannt; es kann hier nur das Factum angeführt werden, dass zu gewissen Zeiten die Schwingung im Plasma so lebhaft ist, dass solche Erscheinungen aufzutreten vermögen. (Leuchtende Infusorien, Quallen u. s. w. sind ebenso bekannt wie der Zitteraal und Zitterrochen.)

2. Das chemische Verhalten des Zellinhalts.

Es muss angenommen werden, dass in der Zelle eine grosse Anzahl von chemischen Processen verlaufen. Wir müssen auch annehmen, dass verschiedene Zellen ganz verschiedene Processe in

sich abspielen lassen, denn von zahlreichen verschiedenartigen Zellen weiss man, dass sie Stoffe erzeugen, welche chemisch weit voneinander verschieden sind. Früher galt ja ganz allgemein die Annahme, dass es nur die Lebewesen seien, welche eine ganz bestimmte Gruppe von Körpern zu erzeugen vermöchten, so alle jene complicirt zusammengesetzten Verbindungen, wie Harnsäure, Milchsäure, Bernsteinsäure, Indigo u. s. w. Sie sollten nur durch Organismen hervorgebracht werden. Man stellte sie daher den übrigen Stoffen scharf entgegen und bezeichnete sie schlechtweg als organische Verbindungen. Die übrigen fasste man als anorganische zusammen. Da man sich das Zustandekommen dieser organischen Verbindungen absolut nicht erklären konnte, weil es nicht gelingen wollte, dieselben im Laboratorium künstlich zu erzeugen, so war man weiterhin gezwungen, eine besondere Kraft anzunehmen, welche innerhalb der Zelle wirksam sein sollte und diese Verbindungen entstehen liess, man nannte die Kraft, da sie das Leben gleichsam hervorbrachte: Lebenskraft. Was man unter derselben zu verstehen habe, wurde natürlich nicht gesagt, sondern einfach behauptet: die Kraft sei da, und damit wäre das Zustandekommen der complicirten Verbindungen erklärt.

Erst als es endlich im Jahre 1828 Wöhler gelang, aus sogenannten nichtorganischen Substanzen Harnstoff herzustellen, also einen Stoff der hauptsächlich vom Thiere producirt wird, und der bis dahin auf keine andere Weise als aus thierischem Harn gewonnen werden konnte, da bekam die Lehre von der Lebenskraft einen gewaltigen Stoss. Heute ist es einem jeden Chemiker bekannt, dass wir eine grosse Reihe jener Verbindungen, welche innerhalb thierischer und pflanzlicher Zellen vorkommen, aus Stoffen erzeugen können, welche mit Organismen niemals in Beziehung gekommen sind.

All unsere neueren Untersuchungen lassen darauf schliessen, dass die Zellsubstanz aus einem grösseren Gemisch verschiedener Stoffe besteht, und deshalb ist es vergeblich, versuchen zu wollen, sie wie andere einheitliche Körper auf ihr chemisches Verhalten hin zu prüfen. Wir können uns höchstens Mühe geben, aus der Zellsubstanz den einen oder anderen in ihr vorkommenden Stoff herauszunehmen und diesen dann einer genaueren Untersuchung zu unterwerfen. Nun steht aber fest, dass ein jedes Reagens, welches auf die Zelle zur Einwirkung kommt, den Inhalt der Zelle sofor verändert. Welcher Art die Veränderungen sind, ist uns nicht be-

kannt. Daher können wir auch nicht erfahren, welche Verbindungen in der Zelle neu gebildet werden und welche zerstört wurden. Es haben daher Untersuchungen des Zellinhalts, welche auf diese Weise gemacht worden sind, nur verhältnissmässig wenig Werth. Das Mikroskop hat uns allerdings Aufschluss über mancherlei Verbindungen gegeben, die sich innerhalb der Zelle finden, jedoch nur über solche, welche in fester Form auftreten, also beispielsweise über gewisse Krystalle und über einige Körper, welche in gröberen Stücken vorkommen, wie die Stärke, das Glycogen und andere.

Die weiteren chemischen Untersuchungen der Zellsubstanzen haben darüber Aufschluss gegeben, dass sich der Zellleib nur aus verhältnissmässig wenigen Grundstoffen oder Elementen aufbaut. Eine Hauptrolle spielen im Plasma die Kohlenstoff- und Stickstoffverbindungen. Ausser Kohlenstoff und Stickstoff ist nun selbstverständlich Sauerstoff und Wasserstoff vorhanden. Diese beiden Elemente sind zum grossen Theil direct miteinander verbunden in der Form von Wasser, zum anderen Theil sind sie aber auch an den Kohlenstoff und den Stickstoff gebunden. Wasser darf keiner Zelle fehlen, ohne dasselbe geht ein jedes Zellleben rasch zu Grunde. Ausserdem finden sich dann noch im Plasma der Zelle unter Umständen Schwefel, Phosphor, Kalksalze, Natrium und Kalium, Eisen, Magnesium und einige andere Stoffe. Aber es muss auch hier bemerkt werden, dass wir über die Art und Weise, wie diese Stoffe gebunden sind, nichts weiter wissen.

Von vornherein muss angenommen werden, dass die Verbindungen, welche sich innerhalb des lebenden Plasmas finden, nicht vollkommen fest sind, sondern dass sie sehr schnell ihre Constitution zu ändern vermögen. Für die Richtigkeit einer solchen Annahme können eine ganze Reihe Beweise beigebracht werden und es werden hier auch noch bei den weiteren Betrachtungen einige mitgetheilt. Nur ein Beispiel mag vorläufig genügen.

Wenn ein einfaches Infusionsthierchen, welches auch den Charakter einer Zelle besitzt, mit verschiedenen Stoffen gefüttert wird, die unter Umständen ganz verschiedene chemische Zusammensetzung haben, so werden dennoch aus diesen so wechselnden Stoffen nicht vollkommen verschiedene neue gebildet werden, sondern es entstehen nur wenig voneinander verschiedene Substanzen, die sich innerhalb des Körpers ablagern, zum Theil in Gestalt fester, zum Theil in Gestalt flüssiger Masse, und im Stande sind, die Lebensfunctionen

des Individuums in gleicher Weise zu unterhalten. Es ist für den Lebensprocess beispielsweise einerlei, ob das Infusorium mit fein vertheilter Leibesmasse anderer Infusiorien oder ob es mit Pflanzentheilen oder mit Stoffen aus höheren thierischen Körpern gefüttert wird. Die Zellmasse verarbeitet die einen Stoffe sowohl wie die anderen und die Lebenserscheinungen sind im Grossen und Ganzen vollkommen dieselben, aber die Stoffe, welche ausgeschieden werden, können verschieden sein. Deutlicher zeigen dies die Körper höherer Thiere; es ist bekannt, dass verschiedene Zellen unter Umständen ganz verschiedene Producte liefern können, jenachdem sie in der einen oder der anderen Weise ernährt werden. Besonders sind es einige Drüsenzellen, wie die Leber- und Nierenzellen, welche aus dem Blute verschiedene Stoffe empfangen und dieselben dann in verschiedener Weise umwandeln. Dabei ist es aber immer dieselbe Zellsubstanz, welche diese Umwandlungen vor sich nimmt, und wir sind deswegen zu der Annahme gezwungen, dass diese Zellsubstanz etwas sehr Complicirtes sei und die Verbindungen, aus denen sie besteht, in schnellster Weise geändert werden können und sich ändern.

3. Das Verhalten der Zellsubstanz gegen Reagentien und äussere Einflüsse.

Da sich die Organismen, welche auf unserer Erde anzutreffen sind, was ihren Körper anlangt, den Bedingungen, wie sie auf der Erde vorkommen, anpassen müssen, so ist es leicht erklärlich, dass bei vorzunehmenden Untersuchungen diejenigen Verhältnisse am günstigsten auf die Entwicklung der Zelle und die Organismen überhaupt wirken, welche denjenigen gleich sind, wie sie normaler Weise und durchschnittlich in der Natur vorkommen. Ein jedes Zellleben bedarf zu seiner Existenz des Wassers, einer bestimmten Quantität Wärme, unter Umständen des Lichtes und der Nahrung. Jenachdem sich nun die Zellen unter verschiedenen Bedingungen befinden, jenachdem sind die Anforderungen, welche sie an die Aussenwelt stellen, verschieden und jenachdem ist auch das Verhalten gegen die eben angedeuteten Einflüsse ein wechselndes. Es gilt auch allgemein der Satz: dass diejenige Quantität Wasser, welche das eine Zellleben unterhält und fordert, das andere zerstört, dass sich die Zellen ebenso gegen die Einflüsse von Licht und Wärme ganz verschieden verhalten, dass weiterhin auch die wechselnde Nahrung eine sehr wesentliche Rolle spielt; es verlangen die Zellen jene

Stoffe, die sie zur Unterstützung ihrer Functionen bedürfen. Eine Muskel- oder Nervenzelle eines höheren Thieres kann beispielsweise nicht in derselben Weise untersucht werden, wie ein Infusorium oder ein anderes niederes Thier. Dabei ist aber auch wieder zu bemerken, dass die Muskelzellen der Würmer oder Insekten leichter in einfachen Untersuchungsflüssigkeiten (z. B. 0,5% Kochsalzlösung) beobachtet werden können, als die Muskelzellen eines Warmblüters; bei letzteren muss schon eine Temperatur von ca. $37,5^{0}$ C. und womöglich Blutserum in Anwendung gebracht werden.

Es ist überhaupt ein grosser Unterschied zu machen zwischen freilebenden Zellen und jenen, welche mit anderen Zellen zusammen in Geweben und Organen vorkommen. Auf die freilebende Zelle vermögen die äusseren Einflüsse direct einzuwirken, auf die Gewebe bildende Zelle nicht so leicht und es ist verständlich, dass sich im Laufe der Zeit dementsprechend Unterschiede herausgebildet haben, die um so ausgesprochener werden, je weiter sich die einzelnen Zellen in ihren Lebensbedingungen voneinander entfernen. Was für eine Amöbe oder ein Infusorium gilt, gilt selbst noch lange nicht für die ebenfalls frei im höheren Körper vorkommende weisse Blutzelle; während die ersteren ruhig im Wasser zu existiren vermögen, gehen die letzteren sehr schnell zu Grunde, sobald sie mit reinem Wasser in Berührung gebracht werden. Wenn in diesem Kapitel das Verhalten gegen äussere Einflüsse und Reagentien besprochen wird, so kann nur das Allgemeinste und für alle Zellen, oder doch wenigstens für einen grossen Theil derselben Gültige mitgetheilt werden.

Einwirkungen der Temperatur: Es ist nicht möglich, dass das Zellleben unter allen Temperaturen gleichmässig vor sich gehe. Dasselbe ist auch in diesem Punkt den Durchschnittstemperaturen, welche auf der Erde herrschen, angepasst. Es gilt im Allgemeinen der Satz, dass die Zellfunctionen am schnellsten verlaufen, wenn die Temperatur des umgebenden Mediums ca. 15—20 Grad beträgt. Jedoch ist diese Angabe auch nur mit den nöthigen Einschränkungen zu verstehen, denn es giebt Zellen, welche erst bei höheren Temperaturen, bei 30—40 Grad vollkommen normal functioniren, wie beispielsweise die Gewebszellen im Körper der höheren Wirbelthiere, der Säugethiere und der Vögel, während die niederen Temperaturen verhältnissmässig weniger gut ertragen werden. Es giebt eine ganze Reihe von Thierformen, welche noch unter sehr geringen Temperaturen existiren; sobald sich jedoch die Temperatur-

grenze dem Gefrierpunkt des Wassers nähert, stellen die Zellen ihre Functionen ein und der Gesammtorganismus verändert sich. Es ist nicht nöthig, dass derselbe schon abstirbt, sondern es tritt nur eine Ruhepause auf, welche so lange dauert, als die Zellen niederen Temperaturen ausgesetzt sind, welche sofort aufgehoben wird, sowie die Temperatur des umgebenden Mediums wieder steigt.

Wo die niedrigste Temperaturgrenze für das Zellleben liegt, ist nicht leicht zu sagen. Niedere Thiere und Pflanzen vermögen unter Umständen längere Zeit hindurch die Temperatur von —10 bis 12, ja selbst Temperaturen von —20 bis 22 Grad zu ertragen; allerdings verfallen sie dann in ein Ruhestadium, aus dem sie aber sofort wieder erwachen, sowie die Temperatur etwas über den Gefrierpunkt gestiegen ist. Andererseits ist es aber auch schwierig, die höheren Grenzen genau zu bestimmen. Temperaturen bis 30 und 40 Grad werden verhältnissmässig leicht ertragen, für die bei Weitem grösste Mehrzahl der Organismen ist eine Temperatur zwischen den Grenzen von 10 und 40 Grad nothwendig, falls ihre Lebensfunction in ausgedehntester Weise vor sich gehen soll. Bei höheren Temperaturen verfallen die Zellen unter Umständen ebenso wie bei niederen Temperaturen in eine Starre hinein, aus der sie erst nach einiger Zeit, beim Sinken der Wärme, wieder erwachen. Dauert jedoch die Starre zu lange an, so tritt schliesslich auch bei den meisten der Tod ein, ebenso bei Temperatursteigerungen bis auf 50—56° C.

Es giebt nun eine Reihe von niedrigsten Organismen, welche bedeutend hohe Wärme zu ertragen vermögen, so wissen wir, dass von den niederen Spaltpilzen (s. später Kapitel Spaltpilze) einige im Stande sind, Temperaturen von 110 Grad zu ertragen. Ausserdem steht fest, dass ganz constant in heissen Quellen, deren Temperatur über 50 Grad ist, noch normal kleine Organismen vorkommen können.

Einwirkungen des Lichtes. Viele Zellen sind vollkommen vom Licht abhängig, so besonders die äusseren Zellen der Pflanzen, jene, welche die bekannten grünen Farbstoffe führen. Sowie dieselben unter Verhältnisse gebracht werden, welche eine normale Einwirkung gewisser Lichtstrahlen (der rothen z. B.) verhindern, verändert sich der Inhalt der Zelle sofort; sämmtliche Lebenserscheinungen derselben gehen in wesentlich anderer Weise vor sich, was sehr leicht dadurch constatirt werden kann, dass die Zelle schon äusserlich ein verschiedenes Aussehen annimmt. Sie verliert ihren grünen Farbstoff, wird hell, farblos. Bringt man beispielsweise

Pflanzensamen in dunklen Kellern zum Treiben von Blättern, so lässt sich ohne grosse Mühe constatiren, dass die Blätter gelblich oder weiss, dabei klein und unförmlich sind, jenachdem die Dunkelheit im Keller mehr oder minder intensiv war. Sowie man nun diese weissen Blätter dem Licht aussetzt und besonders dem Sonnenlicht, fangen sie an, sich zu färben. Es werden unter Einwirkung der Lichtstrahlen in den Zellen Stoffe erzeugt, die vorher nicht vorhanden waren, nämlich vor allen Dingen jene grünen Farbstoffe, das sogenannte Chlorophyll. Auch im thierischen Organismus kommen eine Reihe von Zellen vor, welche gegen Lichtreize sehr empfindlich sind. So verlieren die Jungen der Frösche und Salamander in kurzer Zeit häufig ihre dunkle Färbung, wenn sie längere Zeit im Dunklen gehalten werden. Wir wissen, dass der Olm, ein schlangenartiges Amphibium, im Dunklen vollkommen fleischfarbig wird; können Lichtstrahlen auf seine Oberfläche einwirken, so verfärbt sich der Zellinhalt der äusseren Schicht sehr schnell, er wird gelblich, bräunlich, zum Theil dunkelbraun. Von niederen Thieren wissen wir, dass sie theils Lichtquellen suchen, theils Lichtquellen fliehen, und es ist ganz interessant, zu beobachten, welche verschiedenen Lichtstrahlen von verschiedenen Formen am liebsten aufgesucht werden. Gerade in neuerer Zeit sind eine Reihe von Untersuchungen über die Einwirkung verschiedenfarbigen Lichtes auf einzellige Thiere gemacht worden, jedoch noch nicht vollkommen zum Abschluss gelangt.

Einwirkungen electrischer Ströme. Sehr energisch sind meist die Wirkungen, welche die Electricität auf das lebende Protoplasma ausübt. Sowie man durch lebende Zellen hindurch electrische Ströme leitet, treten ganz verschiedene Erscheinungen auf; besonders intensiv ist die Wirkung, wenn die Ströme unterbrochen werden. Schwächere electrische Reize regen im Allgemeinen das Plasma zu erhöhter Function an. Bei stärkeren Reizen tritt dasselbe in ein Ruhestadium ein, ähnlich, wie es bei erhöhter Wärme beobachtet wurde. Sind die Reize endlich sehr stark, so wird das Protoplasma zum Absterben gebracht; man gewahrt, dass dasselbe schrumpft, trübe wird oder auch auseinander platzt. Es verhalten sich hier die verschiedenen Zellen auch wieder wie bei anderen Reizen verschieden.

Einwirkung mechanischer Reize. Druck, Stoss u. s. w. bewirken im lebenden Zellkörper ebenfalls Veränderungen. Wenn man die frei im Wasser umherkriechenden, niederen, hüllenlosen

Amöben, welche also nur einzellige Thiere sind, berührt oder quetscht, so antwortet der Zellinhalt auf diese Eingriffe sofort durch Lagerungsveränderungen, er zieht sich zusammen, das gesammte Thier kugelt sich ab. Hat man beispielsweise eine grössere Colonie solcher Thiere in einem kleinen Aquarium gezüchtet und trägt man dasselbe einige Zeit mit sich herum, so ist ohne Weiteres zu konstatiren, dass sich der grösste Theil der Individuen einfach abgerundet und äusserlich mit einer Hülle umgeben hat. Auch die Zellen der Gewebe wirken auf viele mechanische Reize sehr energisch; aus dem Pflanzenreich sind besonders die Blätter der Mimosen und die Staubfäden der Berberitze bekannt geworden. Sobald dieselben berührt werden, gehen Veränderungen in den einzelnen Zellen dieser Theile vor sich und der Effekt dieser Veränderungen ist eine Gestaltänderung, eine energische Bewegung gewisser Zellcomplexe. Dass thierische Zellen auf mechanische Reize reagiren, ist ja sofort zu konstatiren, denn wir empfinden vermittelst unserer Nervenzellen Druck, Stoss u. s. w. in oft sehr lebhafter Weise und unsere Muskelzellen bewegen sich auf alle Reize hin mehr oder weniger intensiv.

Einwirkungen chemischer Reize. Gegen chemische Eingriffe verhält sich die Zellsubstanz sehr verschieden. Chemische Reize können von allen jenen Stoffen ausgeübt werden, welche nicht von der Zelle normal zum Weiterleben gebraucht werden. Es muss aber wieder bemerkt werden, dass die verschiedenen Stoffe auf verschiedene Zellen ganz verschieden einwirken. Es ist z. B. sicher, dass das Wasser der einen Zelle nichts schadet, der anderen unter Umständen schädlich sein kann. Lassen wir beispielsweise reines Wasser auf Gewebszellen einwirken, die wir aus dem Innern des Körpers genommen haben, besonders auf die Gewebszellen höherer Thiere, so werden dieselben durch das Wasser sofort wesentlich verändert, alle Lebenserscheinungen hören auf. Bringen wir andererseits Wasser mit den Gewebszellen niederer Thiere in Verbindung, so schadet es unter Umständen wenig; es ist ja allgemein bekannt, dass eine grosse Anzahl von den einfach gebauten Thieren direkt im Wasser leben. Destillirtes Wasser, also solches ohne Gase und Salze, wirkt auf alle Organismen schädlich.

Stoffe, welche sich in wässerigen Lösungen befinden, z. B. verschiedene Salze, wirken auf die Zelle sehr verschieden ein; meist ist ihre Wirkung wechselnd, jenachdem sie in grösserer oder geringerer Concentration zur Wirkung gelangen. Während in vielen

Fällen sehr verdünnte Lösungen von Kochsalz und Harnsäure auf viele Zellen nicht wirken und unter Umständen die Lebensenergie derselben noch steigern, sind concentrirte Lösungen dieser Stoffe für die Existenz der Zelle verhängnissvoll. Ein Theil der chemischen Reagentien, z. B. viele Säuren und einige Salze, wirken schädlich auf die Zellsubstanz dadurch, dass sie derselben Wasser entziehen. Eine Reihe von Stoffen, wie z. B. die Ueberosmiumssäure, Silber- und Goldsalze, wirken oxydirend auf gewisse Zellsubstanzen ein und vernichten dadurch das Leben der Zelle. Von noch anderen kennen wir die Wirkungen nicht.

Einige Stoffe zerstören unter allen Umständen das Leben der Zelle, auch wenn sie in stark verdünntem Maasse angewandt werden. Zu ihnen gehört z. B. das Sublimat, also jene Verbindung des Quecksilbers mit 2 Theilen Chlor. Sie zerstört schon in Einzweitausendstel wässeriger Verdünnung das Leben der Zelle. Auf welche Weise das allerdings geschieht, kann nicht angegeben werden. — Auch die Chromsäure und die chromsauren Salze, sowie die Ueberosmiumssäure, die Pikrinsäure und einige andere wirken zerstörend auf die grösste Anzahl der Zellen. Schwache Mineralsäuren, z. B. sehr verdünnte Salpetersäure, Salzsäure oder Schwefelsäure, oder stark verdünnte Alkalien, wie Kalilauge, Natronlauge, kohlensaures Kali u. s. w, wirken verhältnissmässig wenig auf die Zellsubstanz. In stärkerer Verdünnung ($^1/_2$ Proc.) führen sie aber sofort Umsetzungen im Plasma herbei, die schliesslich zum Aufhören der Lebensfunctionen führen können.

Man macht von diesen Umständen zum Theil Gebrauch, denn um die Zellen untersuchen zu können, ist es sehr häufig nöthig, die Gewebe oder die Zellen selbst zum Absterben zu bringen und sie dann noch weiter zu behandeln, bevor sie einer genauen Betrachtung unterzogen werden können. Viele Stoffe, welche in der Zelle vorkommen, nehmen in energischer Weise Farbstoffe aus Farbstofflösungen auf. Zum Theil geschieht dies schon in der lebenden Zelle, in noch viel höherem Grade aber in der abgestorbenen. Auch von diesem Umstand wird bei der Untersuchung der Gewebe, wie wir noch sehen werden, im ausgedehntesten Grade Gebrauch gemacht, denn es lässt sich dadurch die Anwesenheit gewisser Stoffe und unter Umständen auch die Schichtung innerhalb der Zelle genau konstatiren. Dass man aber in der Deutung der durch Reagentien und Färbemittel sichtbar gemachten Zelltheile sehr vorsichtig sein muss, ergiebt sich aus dem eben Gesagten ganz von selbst.

DRITTES KAPITEL.

Der innere Bau der Zelle.

Nach den eben gemachten Mittheilungen kann jetzt dazu übergegangen werden, die Zelle auf ihren Bau hin zu untersuchen und das Wichtigste von dem zusammenzustellen, was über die Gestalt der Zelle wie über ihre Functionen bekannt wurde.

Die Gestalt ist eine sehr wechselnde. Nur in den bei Weitem seltneren Fällen sind die Zellen vollkommen kugelförmig ausgebildet; in der Regel stellen sie vielseitig abgeplattete Körper dar, welche auch wieder verschieden sind, denn selten erscheinen alle Achsen, welche man in diese Vielecke legen kann, gleich lang. Meist ist die Zelle nach einer Richtung etwas verlängert, dann bekommen wir elliptische, prismatische, spindelförmige oder sehr langgestreckte cylindrische Formen, aber alle sind aus der Kugelform abzuleiten, indem durch Druck und Zug die Grundform zerstört wird und an ihre Stelle nach und nach die sekundäre Form tritt. — Wie schon erwähnt, wird die äussere Gestalt der Zelle durch die Zellmembran fixirt. Der Inhalt der Zelle bietet auch manches Uebereinstimmende. Viele Zellen sind allerdings so klein, dass eine eingehende Untersuchung auch mit unseren besten Hilfsmitteln nicht korrekt durchzuführen ist, sondern wir müssen uns darauf beschränken, nur das Hauptsächlichste und Allgemeinste erforschen zu wollen, bis vielleicht spätere Zeiten einmal durch eine noch weitergehende Verbesserung unserer optischen Instrumente und durch Einführung der Zellchemie genaueren Aufschluss geben.

Schon oben wurde von einer Schichtung gesprochen. Es ist jetzt im Zusammenhang auf diese Schichtung näher einzugehen. Es erscheint zweckmässig, sofort die einzelnen Theile der Zelle zunächst ihrem äusseren Verhalten nach und dann ihren Functionen nach zu untersuchen.

Der Kern der Zelle. Eine jede Zelle zeigt im Innern den Kern (Nucleus). Die Form desselben ist eine sehr wechselnde; nur in verhältnissmässig seltenen Fällen erscheint er kugelrund, meist ist er rundlich, seine Oberfläche nicht vollkommen glatt, sondern mehr oder minder gewölbt und eingeschnitten. An die rundliche Form schliesst sich die langgestreckte an. Langgestreckte Kerne sind zum Theil bohnenförmig, zum Theil mehr spindelförmig, oft

biscuitartig gestaltet oder aber auch mehr oder minder stark gebogen. Einzelne Kerne sind hufeisenförmig, andere perlschnurenartig eingeschnürt. Von wieder anderen ist zu bemerken, dass sie ein lappiges Aussehen besitzen, indem von einem Körper nach allen Seiten hin Zacken ausgehen, so dass die Gesammtform eine sehr unregelmässige

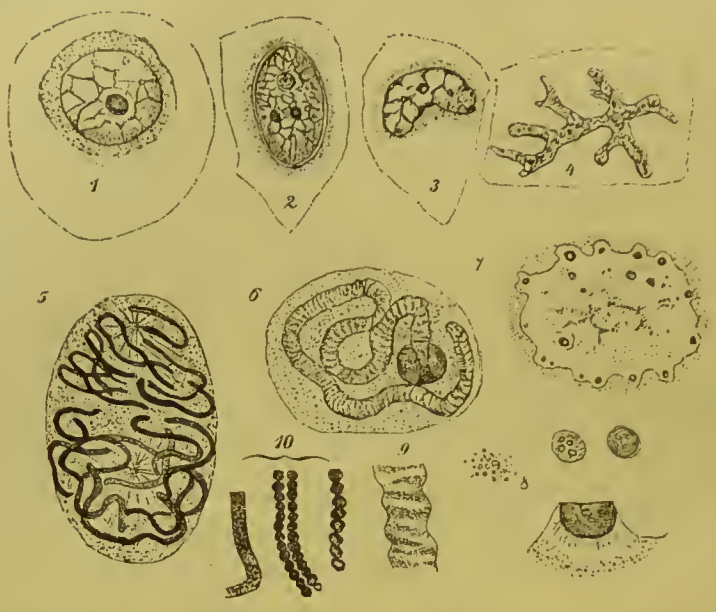


Fig. 4. Verschiedene Kerne und Kerntheile thierischer Zellen; bei 1—4 ist die Zellgrenze mitgezeichnet, 5—7 Kerne isolirt gezeichnet. 1 Zelle mit rundem Kern, in welchem ein maschiges Netzwerk festerer Substanz ausgebildet ist, fast in der Mitte des Kernes liegt ein grosses rundes Körnchen (Kernkörperchen), im Umkreis des Kernes ist die diesem aufliegende Plasmazone fein punktirt gezeichnet. 2 Ovaler Kern mit deutlicher doppelt contourirter Kernhaut; 3 nierenförmiger Kern; 4 verästelter Kern der Harngefässzelle eines Insekts; 5 Kern, welcher sich zur Theilung anschickt, die festeren sich färbenden fadenartigen Einschlüsse haben sich in Schlingen um zwei Pole gesammelt, welche durch die feinen sternartigen Figuren angedeutet sind; diese Pole sind die Centren für die neuentstehenden Kerne. 6 Kern aus der Speicheldrüsenzelle einer Mückenlarve *(Chironomus plumosus)*, welcher einen bandartigen, sich stark färbenden Körper eingeschlossen enthält. 7 Kern mit zackigem Rand aus einer jungen Eizelle des Grasfrosches, in jeder Zacke liegt eine sich färbende Kugel, ausserdem liegen deren im Innern des Kernes, wo sie in feine Körnchen zerfallen; letztere legen sich zu Netzen zusammen. 8 Färbbare Körnchen aus Zellkernen, sog. Chromatinkugeln; unten ist eine entstehende halbkugelförmige in einer Kernzacke gezeichnet. 9 Theil des Bandes der Fig. 6, stärker vergrössert. 10 Theile von färbbaren Bändern, die durch Aneinanderlagerung kleinerer oder grösserer Körner entstanden sind.

wird. In zahlreichen Fällen ist der Kern in der lebenden Zelle ohne Weiteres nicht sichtbar; er hat eben dieselbe Dichtigkeit wie die ihn umgebende Zellsubstanz und in Folge dessen ist er nicht durch sein Lichtbrechungsvermögen kenntlich. Da müssen meist

Reagentien darüber Aufschluss geben, ob und wo der Kern vorhanden ist.

Untersuchen wir das Kerninnere, so zeigt sich dieses ebenso verschieden, wie die äussere Gestalt des Kernes. In wenigen Fällen ist er vollkommen homogen ausgebildet. Meist sind in einer gleichförmigen Grundmasse verschieden zahlreiche und verschieden geformte Körnchen eingelagert oder es kommen dichtere, unregelmässig gestaltete Massen vor. Die meisten Kerne sind durch den Besitz eines oder mehrerer grösserer Körnchen ausgezeichnet. Dieselben werden Kernkörperchen (Nucleoli) genannt. Für gewöhnlich erscheint jedes Kernkörperchen rund, sehr häufig kugelrund; es besteht entweder aus einer gleichartigen Masse oder es sind in derselben einige hellglänzende Körnchen ausgeschieden, oder aber es finden sich in ihm dichtere, weniger glänzende Körnchen, die besonders nach Zusatz von Färbemitteln klar und deutlich hervortreten.

Im Umkreis der Kernkörperchen ist vielfach ein heller Hof, der von feinen Körnchen kugelschalenartig umgeben wird. Der Hof wird als Kernkörperchenhof beschrieben, er ist in sehr vielen Fällen sichtbar zu machen. Ueber die Färbbarkeit dieser Theile vgl. S. 32.

Die übrigen festeren Bestandtheile des Kernes legen sich entweder in unregelmässigen Gruppen zusammen oder sie bilden regelmässigere Netze, Fäden, Schlingen u. s. w. Sehr häufig ist zu bemerken, dass Kerne in doppelter Anzahl innerhalb einer Zelle vorhanden sind. Solche Zustände lassen darauf schliessen, dass eine Vermehrung des Kernes stattgefunden hat, über die in einem späteren Kapitel genauer zu berichten ist.

Was nun die Functionen des Kernes anlangt, so ist darüber auch noch verhältnissmässig wenig bekannt. Manches vermögen wir allerdings mit einiger Sicherheit zu sagen. Zunächst dienen die Kerne dazu, die Thätigkeit der Zellen zu bestimmen. Man kann dies in manchen Drüsenzellen sehen, wo während des normalen Functionirens Strömungen nach dem Kerne hingehen und vom Kern aus wieder nach aussen dirigirt werden. Stände der Kern nicht mit der Function der Drüsenzelle in direkter Beziehung, so würde dies sehr auffällige Verhalten niemals auftreten. Auch schon der Umstand, dass keiner Zelle der Kern fehlt, weist darauf hin, dass er ein physiologisch wichtiger Theil derselben sein muss, d. h. dass er eine Hauptfunction der Zelle selbst mit übernimmt. Da nun aber

eine Drüsenzelle wesentlich verschieden ist von einer Muskelzelle, diese von einer pflanzlichen Bastzelle oder von einer Holzzelle, so darf auch wohl gleich von vornherein angenommen werden, dass die Zusammensetzung des Kernes sowohl, wie auch seine Eigenschaften in den verschiedenen Zellen verschieden sind.

Eine zweite Haupteigenschaft des Kernes ist diejenige, die Vermehrung der Zelle einzuleiten. Sie hängt eng mit den weiteren Eigenschaften der Nahrungsaufnahme, des Wachsthums u. s. w. zusammen. Der Kern ist gleichsam ein selbstständiger Theil innerhalb der Zelle, er besitzt eine grosse Reihe von Eigenthümlichkeiten, die der Zelle an und für sich zukommen, wenngleich auch niemals behauptet werden darf, dass er von der übrigen Zellsubstanz unabhängig wäre, sondern stets muss beachtet werden, dass nur durch das Zusammenwirken des Kernes und der Zellsubstanz die Gesammtfunction der Zelle ermöglicht wird. Hat der Kern eine gewisse Quantität Nahrung aufgenommen, so genügt seine Oberfläche nicht mehr, um alle Functionen, welche er auszuüben hat, ungehindert vor sich gehen zu lassen, es muss dann die Oberfläche vergrössert werden. Sowohl in der Zelle als auch im Organismus überhaupt spielt nämlich die Flächenwirkung eine bedeutende Rolle. Jede Aufnahme von Stoffen aus der Aussenwelt geht durch eine gewisse Aussenfläche vor sich und sie wird um so besser verlaufen, je grösser diese Fläche ist. Daher sehen wir beispielsweise, dass alle aufnehmenden Organe einen flächenhaften Bau besitzen: die Blätter des Baumes, welche dazu dienen, Gase aus der Luft aufzunehmen, die Kieme und die Lungen im höheren Thierkörper, welche einen gleichen Zweck verfolgen, dann die Darmwandungen, sie alle stellen sich als grosse, flächenhaft gebaute Gebilde dar und zwar nur entstanden, weil durch geringere Flächen eine entsprechende Aufnahme nicht möglich war. Der Kern stellt nun ein ähnliches Organ dar, allerdings nur für den beschränkten Raum der Zelle. Aber was für das Grosse gilt, gilt auch für das Kleine, was für den Verdauungsapparat der Thierwelt im Allgemeinen gilt, gilt auch für den Aufnahmeapparat der Zelle. Denn stets und ständig muss berücksichtigt werden, dass der Zellkörper ein Organismus im Kleinen ist, dass ihm die grösste Anzahl der Eigenschaften zukommt, welche dem ausgebildeten Organismus auch eigen sind; es muss bedacht werden, dass ja nur durch die Thätigkeit der Zelle die Thätigkeit des gesammten Organismus bedingt wird, und daher haben wir schon

gleich von vornherein alle Functionen, welche der Körper auszuüben hat, in letzter Instanz bis zur Zelle hin zu verfolgen.

Berücksichtigen wir nun die Kerntheilungen von diesem Standpunkte aus, so ist zunächst zu beachten, dass der Kern wie der Organismus Stoffe von aussen her aufnehmen muss. Es geschieht dies allerdings von der Zellsubstanz aus. Die Zellsubstanz dient zum Theil dazu, dem Kern geeignete Stoffe vorzubereiten und ihm so einen Theil seiner Arbeit abzunehmen. Die Stoffe werden im Kernkörper selbst verarbeitet, aus ihnen werden zum Theil neue Substanzen gebildet, ausserdem markirt sich aber diese Aufnahme auch durch ein Wachsthum des Kernes, welches weiter und weiter fortschreitet. Sowie die Kernsubstanz eine gewisse Grösse erreicht, ist das Verhältniss der Oberfläche zum Inhalt nicht mehr dasjenige, welches für den Anfang angenommen wurde; denn während die Oberfläche im Quadrat zunimmt, wächst der Inhalt im Cubus und deswegen findet bei einem längere Zeit hindurch andauernden Wachsthum schliesslich eine relative Oberflächenverkleinerung statt. Der Kern trachtet zunächst danach, diese Oberflächenverkleinerung auszugleichen, und bis zu einem gewissen Grade kann er es dadurch, dass er sich abplattet oder etwas in die Länge zieht. Eine solche Abplattung kann aber auch nicht in das Unbegrenzte vor sich gehen, sondern es wird ihr zum Theil durch die übrige Zellsubstanz, aber auch durch die Grösse der Zelle Halt geboten. Dann kann nur noch eine Vergrösserung des Kernes auftreten, wenn sich derselbe in zwei Theile theilt und die übrige Zellsubstanz veranlasst, eine gleiche Theilung mit durchzumachen. Denn es muss hier schon bemerkt werden, dass nicht der Kern allein Nahrung aufnimmt und wächst, sondern dass auch die Zellsubstanz fortwährend von aussen Nahrung aufnimmt, dieselbe umformt und ihren Raum dabei vergrössert. Das Wachsthum der Zellsubstanz geht mit dem des Kernes Hand in Hand und deshalb tritt eine Theilung der Zelle im Allgemeinen ein, sowie der Kern die Theilung beginnt. Der Vorgang bei dieser Theilung ist entweder einfacher Art oder ein ziemlich complicirter; er kann erst vollständig berücksichtigt werden, wenn wir die übrigen Zellschichten auch noch auf ihr Verhalten hin näher geprüft haben werden, deshalb mögen hier nur diese Hauptfunctionen des Kernes kurz erwähnt werden.

Es wurde schon gesagt, dass sich der Kern nach Zusatz von Reagentien, besonders nach Zusatz von Färbemitteln meist sehr

deutlich abhebt. Er verdankt dies eigenthümlichen Stoffen, welche in ihm abgeschieden sind, von denen wir schon Seite 29 erwähnten, dass sie in hohem Grade das Bestreben haben, aus Farbstofflösungen, in welche die Zellen gebracht waren, Farbe aufzunehmen, oder wie wir kurz sagen, sich zu färben, sich zu tingiren. Wird beispielsweise aus dem käuflichen Carmin vermittelst Säuren oder durch Ammoniak eine Lösung hergestellt, diese entsprechend verdünnt und werden in die Lösung nun Zellen hineingebracht, so lässt sich leicht konstatiren, dass die Zellen eifrig aus der Carminlösung Carmin in sich ablagern. Bei schwachen Vergrösserungen besehen, erscheinen sie bald vollkommen roth. Bringt man die Zellen nun in verdünnten Spiritus, mit sehr wenig Salzsäure (0,25 %) versetzt, hinein, so wird ein Theil der Farbstoffe, welche in der Zelle aufgespeichert waren, wieder ausgezogen, ein anderer Theil wird aber von der Zelle zurückbehalten und lässt sich leicht aus derselben entfernen. — Betrachtet man solche Zellen unter dem Mikroskop, so zeigt es sich, dass es ganz bestimmte Körper im Kern und unter Umständen in der Zellsubstanz sind, welche den Farbstoff noch festhalten, während die übrige Zellmasse denselben wieder austreten liess.

Schon oben wurde erwähnt, dass im Kern Körner, Streifen, Bänder, Netze u. s. w. einer festeren Substanz vorkämen, die sich schon in der lebenden Zelle zum Theil beobachten lassen. Von ihnen ist nun zu sagen, dass sie es sind, an welche die Farbstoffe gebunden erscheinen. Daher besitzen wir in dem Farbstoffe ein sehr günstiges Mittel, um über das Vorhandensein dieser Kerntheile überhaupt Aufschluss zu erlangen. Dass wir in der Deutung des Gesehenen sehr vorsichtig sein müssen, versteht sich ganz von selbst; denn wir wissen absolut noch nicht, welche chemische Verbindungen bei Behandlung einer solchen Zelle mit Reagentien entstehen, wie die Körper beschaffen sind, welche die Eigenschaft haben, diese Farbstoffe in sich abzulagern. Dass es nie einheitliche Körper sind, das ist gleich auf den ersten Blick zu bemerken, denn mit derselben Rothlösung färbt sich in einer Zelle ein Stoff purpurroth, der andere carminroth, andere wieder blassroth u. s. w. Einige halten den Farbstoff sehr fest, andere lassen ihn schon wieder nach Einwirkung einfacher Reagentien frei. Solcher Stoffe, welche die Kerne sehr intensiv färben, kennt der Histologe augenblicklich eine ganze Anzahl. Vor allen Dingen sind es Carminlösungen, dann der Extract aus dem Campecheholz, das sogenannte Hämatoxilin, schliesslich eine grosse

Anzahl von Anilinfarbstoffen. Denn gerade in neuerer Zeit wird nach dieser Richtung alle Aufmerksamkeit angewandt. Sehr hübsch färben sich die Kerne in Lösungen von Saffranin oder in solchen von Methylenblau, Methylviolett oder Methylgrün u. s. w.

Die Zellsubstanz. Neuerdings hat man dieselbe dem Kern gegenüber in einen gewissen Gegensatz gestellt, es ist aber stets daran zu erinnern, dass sie ebensogut wichtige Functionen auszuüben hat als der Kern selbst; denn schon der Umstand, dass sie mit grosser Constanz vertreten ist und sich in gleichartigen Zellen meist in derselben Weise ausgebildet zeigt, deutet darauf hin, dass ihr eine wichtige Rolle für die Existenz der Zelle und schliesslich für die Existenz des Gesammtindividuums zukommen muss.

Auch bei der Zellsubstanz ist zunächst eine helle Grundmasse zu beobachten. In diese helle Grundmasse scheinen dann ganz ebenso, wie wir es beim Kern gesehen haben, festere Stoffe eingelagert. Wird die Grundsubstanz mit stärkeren Vergrösserungen untersucht, so stellt sich heraus, dass sie nicht einfach ist, sondern in den bei Weitem meisten Fällen auch wieder eine Schichtung erkennen lässt. Allerdings muss gleich bemerkt werden, dass sich die Schichten derselben nicht mit der Präcision abheben, wie sich beispielsweise der Kern von der nun zu besprechenden Zellsubstanz absetzt.

Die einzelnen Schichten besitzen nämlich beinahe gleiche Dichtigkeit und deswegen erscheinen sie in vielen Fällen nicht sofort sichtbar. Es wurde auch schon erwähnt, dass der Kern unter Umständen dieselbe Dichtigkeit besitzt, wie die Zellsubstanz und dass er dann erst nach Zusatz von Reagentien deutlich zu machen ist, ja oft gelingt es auch vermittelst dieser nicht, den Kern klar zur Anschauung zu bringen. Bei der Zellsubstanz sind nun allerdings auch die Schichten sichtbar zu machen, jedoch in den meisten bekannten Fällen nur unter Benutzung besonderer Beleuchtung und unter Anwendung besonderer Reagentien. Es ist dies der Grund, dass die Schichtung so lange Zeit eigentlich vollkommen beachtungslos blieb und man ihr erst in neuerer Zeit die nöthige Aufmerksamkeit schenkt. Weiterhin ist die Zellsubstanz häufig so gering vorhanden, dass sie auch unseren besten Vergrösserungen bei der Untersuchung erhebliche Schwierigkeiten entgegensetzt, besonders wenn es darauf ankommt, in ihr noch feinere Structuren zu erkennen.

Ganz allgemein betrachtet, erscheint auch die Zellsubstanz zum grossen Theil körnig (vergl. Fig. 2). In ihr finden sich ebenfalls wie im Kern feine Körnchen, grössere Körnchen, unregelmässig gestaltete, dann solche, welche zu Fäden und Netzen zusammengelagert sind. Ein Theil dieser Körnchen verhält sich Reagentien gegenüber ganz ähnlich wie diejenigen im Kern; ein anderer Theil weicht in seinem Verhalten von denen des Kernes ab. Bei der Betrachtung der Zellen auf ihre Schichtung hin ergiebt sich, dass zunächst im Umkreis des Kernes eine Schicht gelegen ist. Dieselbe lässt sich in sehr vielen Fällen nachweisen, so in den bei Weitem meisten Eizellen ohne Mühe, weiterhin in den vielen sogenannten Epithelzellen, d. h. in jenen Zellen, welche die äussersten Hautschichten bilden und innere Höhlen des Körpers auskleiden, so die Magenhöhle, die Darmwandungen u. s. w. Kratzt man von der inneren Backenschleimhaut etwas Schleim herunter und untersucht denselben im Mundspeichel, so treten ganz gewöhnlich grosse, unregelmässig gestaltete, platte Zellen zu Tage; dieselben lassen schon ohne Reagens den Kern erkennen und auch um den Kern herum eine helle Schicht. Der Kern und die helle Schicht treten aber noch deutlicher hervor, wenn man Reagentien zusetzt, z. B. einen Tropfen Essig; sie werden noch klarer, wenn man schliesslich die Zelle färbt, wenn man beispielsweise jene schon erwähnte Methylgrünlösung zusetzt. Es tritt dann eine sehr intensive Färbung des Kernes ein. Derselbe hebt sich schön grün von der Umgebung ab und auch die Körnchen im Umkreis der hellen Schicht, die sich um den Kern herum findet, färben sich etwas. Dadurch wird dann die helle Schicht selbst sehr deutlich zum Vorschein gebracht. — Will man diese Zellzone untersuchen, so können fernerhin die niedrigsten Thiere als Objecte für ihre Sichtbarmachung gewählt werden. In jedem Wassertümpel, welcher längere Zeit dem Licht ausgesetzt worden ist, und in mässiger Wärme stand, finden sich, wenn in dem Wasser faulende Stoffe vorhanden waren, eine grosse Anzahl niederer Thiere, die theils als Amöben, theils als Infusionsthierchen noch beschrieben werden sollen. Sowohl in dem Körper

Fig. 5. 1 u. 2 Lymphzellen des Frosches; 1 frisch untersucht, alle inneren Schichten unklar; 2 nach Zusatz von 0,5 proc. Chromsäure, alle Schichten sind scharf. 3 Infusorienschwärmer frisch untersucht; 4 derselbe nach Zusatz von 1 proc. Essigsäure.

der Amöben als auch in dem der Infusionsthierchen ist stets ein Kern vorhanden, meist liegt derselbe als kreisrundes oder längliches Gebilde central in der Leibesmasse des betreffenden Thieres. In sehr vielen Fällen kann man ihn mit einiger Uebung schon im lebenden Thiere sehen und diese Untersuchungen am lebenden Thiere sind selbstverständlich die werthvollsten. Sichtbar wird er stets nach Zusatz von Reagentien; so, wenn man sehr verdünnte Chromsäure und Essigsäure zusetzt und dann ausserdem das Object noch färbt. Im Umkreis des Kernes liegt auch hier in allen Fällen eine deutlich abgegrenzte Schicht. Sie umgiebt den Kern allseitig und ist theils durch ihre verschiedene Dichtigkeit, theils auch durch den Mangel an gröberen Körnchen von der übrigen Zellmasse unterschieden. Die beistehende Figur zeigt die Schicht um den Kern herum bei einer Amöbe und einem Infusionsthier sowie gleichzeitig an der erwähnten Epithelzelle von der Backenschleimhaut des Menschen. Schon bei oberflächlicher Betrachtung stellt sich heraus, dass die Grenzen dieser Schicht nicht glatt sind, sondern unregelmässig erscheinen. Nur verhältnissmässig selten liegen sie allseitig von der Kernoberfläche gleich weit entfernt. Ganz gewöhnlich sind die äusseren Grenzen der hellen Schicht mit kleineren oder grösseren Fortsätzen ausgestattet. Diese Fortsätze sind entweder lappig oder zackig, ja in vielen Fällen sehr feinstrahlig.

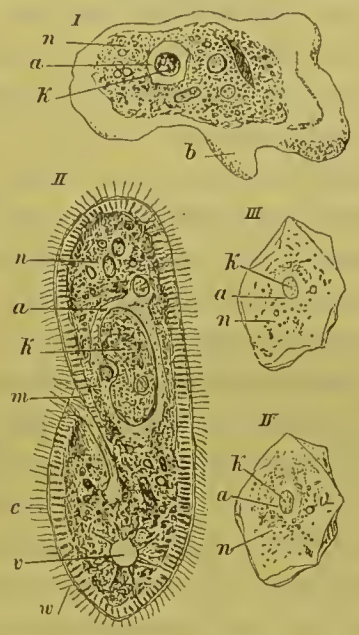


Fig. 6. Verschiedene Protozoen und eine Epithelzelle zur Demonstration der Schichtung des Zellinhaltes. I. Amöbe. II. Infusorium *(Paramecium aurelia)*. III. Mundepithelzelle frisch. IV. Dieselbe nach Einwirkung von Reagens und Farbe. k Kern; a assimilirende Schicht; n die dieser aufliegende körnige Schicht; b Bewegungsschicht; m Mundfeld des Infusoriums; w Wimperbesatz; v Vacuole; c festere Haut (Cuticula).

Sowohl bei Amöben als auch bei Infusorien ist sehr häufig zu constatiren, dass diese Strahlen, welche an der Oberfläche der hellen Schicht auftreten, mehr oder minder weit in die umliegenden Zellmassen hineingehen. Letztere besitzen meist ein körniges Gefüge; in der Regel finden sich in dieser folgenden Zone grössere oder kleinere Körnchen, welche der gesammten Schicht ein, wie wir sagen, granulirtes Aus-

sehen verleihen. Bei genauerer Untersuchung werden dann Körner bemerkbar, um welche die Fortsätze der inneren Schicht herumgeflossen sind. Bei Infusorien waren diese Verhältnisse schon älteren Forschern aufgefallen.

Die umflossenen Körner werden verdaut, daher, und das ist das Wichtigste, dient die Schicht dem Infusorium wie einer jeden Zelle selbst als Verdauungswerkzeug. Allerdings als ein Verdauungswerkzeug der einfachsten Art. Um zu constatiren, dass diese Schicht also functionirt, ist es nöthig, dass zahlreiche Untersuchungen gemacht werden und dass man stets mit der grössten Objectivität verfährt und alle Verhältnisse, unter denen man untersucht, wohl berücksichtigt. Vor allen Dingen darf man aber seine Untersuchungen nicht nur, wie es leider heutzutage häufig geschieht, auf solches Material beschränken, welches mit Reagentien und Färbemitteln behandelt ist, sondern man muss es sich zur Pflicht machen, möglichst viel frisches Material, also lebende Objecte zu untersuchen und an denselben die gedachten Verhältnisse erkennen zu wollen. An den Infusorien und niederen Thieren ist es verhältnissmässig leicht, den Nachweis zu führen, dass die genannte Schicht in der That, wie es Ehrenberg schon vermuthet hatte, als ein Verdauungsapparat functionirt, denn diese Individuen leben frei im Wasser und besitzen die Eigenschaft, aus demselben willkürlich ihre Nahrung wählen zu können. Sie nehmen daher verdaubare Stoffe aus dem Wasser auf, als solche gelten beispielsweise Reste anderer untergegangener Organismen oder auch niedere Organismen selbst, es werden besonders von den grossen Infusorien und den grossen Amöben jene kleinen grünen Pflänzchen, die wir als Algensporen oder als Diatomaceen bezeichnen, sehr gern als Nahrung verspeist. Diese Nahrungstheile werden, wie gleich noch auseinandergesetzt wird, in die der obenerwähnten hellen Schicht aufgelagerte Zone gebracht und bleiben dort längere Zeit ruhig liegen. Wenn nun eine solche grüne Alge von einem Fortsatz der hellen Schicht umflossen wird, so tritt alsbald in ihrer Substanz eine Veränderung auf. Die erste Veränderung ist die, dass sie sich verfärbt. Das vorher grüne Körnchen wird zunächst roth, dann röthlich, dann rothbraun, endlich graubraun und schliesslich farblos. Während es sich verfärbt, zerfällt es gleichzeitig, und sowie sie vollkommen zerfallen ist, lässt sich ohne Mühe constatiren, dass der kleinere Theil, wenn er nicht weiter zum Zerfall gebracht werden kann, zusammengeballt wird, dass weiterhin der

Fortsatz des hellen Plasmas sich von ihm abhebt und sich wieder zurückzieht und dass die Reste nach aussen ausgestossen werden.

Der Vorgang, wie er eben geschildert wurde, ist nun aber ein ganz typischer Vorgang der Verdauung. Durch die Einwirkung der hellen Schicht wurde die grüne Alge aufgelöst; was nicht auflösbar war, wurde dann wieder nach aussen ausgestossen.

Man kann genau denselben Process künstlich veranlassen, wenn man diese Alge mit Flüssigkeiten zusammenbringt, die sich im Verdauungsapparat eines Thieres finden, also mit verdünnter Salzsäure, Pepsin u. s. w. Es tritt dann dieselbe Verfärbung und nach einiger Zeit auch eine ähnliche Auflösung und ein Zerfall der Alge ein.

Klarer kann wohl der Process der Verdauung in der Zelle selbst nicht gezeigt werden und schöner lässt er sich nicht beobachten. Ausserdem bemerkt man gleich, dass dieser Process der Verdauung in demselben Augenblick an zahlreichen Stellen eingeleitet wird, dass dann ferner die Zellsubstanz Stoffe erhält, welche vorher nicht in ihr waren. Es werden hellglänzende Körperchen an vielen Stellen zur Ausscheidung gebracht. Das Wachsthum und die Bildung derselben lässt sich meist sehr genau constatiren. Diese Körnchen stellen aber weiter nichts dar, als Nahrungsmaterialien für die Zelle und zwar Reservematerialien, welche so lange in dem Körper der Zelle oder des Infusoriums u. s. w. liegen bleiben, als kein Bedürfniss von Stoffzufuhr für den Kern u. s. w. vorhanden ist. Sowie dies eintritt, werden auch die Körnchen wieder gelöst und zwar unter Umständen mit grosser Schnelligkeit. Ist das geschehen, dann verlaufen alle Functionen der Zelle ungehindert weiter. Wir können also sagen, dass in vielen Fällen deutlich nachweisbar ist, dass der um den Kern herumgelegenen Schicht die Function der Verarbeitung von Nahrung zukommt. Sie kann als die ernährende Schicht oder die Nahrung verarbeitende Schicht aufgefasst werden. Dabei ist aber doch keineswegs ausgeschlossen, dass sie nicht noch eine Anzahl von weiteren Functionen haben kann. Allerdings ist über diese Functionen noch nichts bekannt; es ist ja aber immerhin möglich, dass spätere Zeiten noch die eine oder andere derselben aufdecken werden.

Diese Vorgänge der Verdauung werden mit dem technischen Ausdruck „Assimilation“ bezeichnet, und es darf daher die dem Kern aufliegende Schicht auch als assimilirende Schicht, selbstredend mit den eben genannten Einschränkungen, bezeichnet werden. Spätere

Forscher führen vielleicht für dieselbe eine andere Benennung ein, wenn erst weitere Functionen derselben bekannt werden. Wir wollen sie schlechtweg als assimilirende Schicht bezeichnen. Ihre Grösse ist unter Umständen nicht sehr beträchtlich, häufig beträgt ihr Durchmesser das Doppelte des Kerndurchmessers. In vielen Fällen, und besonders wenn die Kerne sehr gross sind, ist die Dicke dieser Schicht beträchtlich kleiner. Meist erscheint sie ganz feinkörnig, vielfach vollkommen wasserhell, in anderen Fällen wieder ist sie mit Körnchen angefüllt, oft so stark, dass sie den Kern vollkommen verdeckt und sich auch wenig von der gleich zu besprechenden dritten Zone unterscheidet.

Um die assimilirende Schicht liegt nun nach aussen zu eine dritte Zone, die auch wieder in den meisten (aber nicht allen) Zellen sehr wohl charakterisirt ist. In der Regel erscheint das Plasma, welches diese Zone zusammensetzt, sehr grobkörnig. Am leichtesten lässt sie sich bei den meisten Eizellen untersuchen, ausserdem aber ist sie in ziemlicher Schärfe auch bei den Protozoen, Amöben und Infusorien, entwickelt. Bei der Betrachtung dieser Schicht ist stets daran zu denken, ob das betreffende Individuum, einerlei ob freie Zelle oder Gewebszelle, von aussen her festere Nahrung aufnimmt, oder ob nur Nahrung auf osmotischem Wege, d. h. durch Einfiltriren in das Zellinnere, erhalten wird. Nimmt die Zelle feste Nahrung auf, so wird diese in der Regel nicht sofort verarbeitet, sondern sie wird noch einige Zeit hindurch aufgespeichert. Man sieht sie deutlich bei den Infusorien; diese nehmen geraume Zeit hindurch fortwährend Nahrung auf, lagern dieselbe im Körper ab und erst nach einer gewissen Zeit wird die aufgenommene Nahrung verhältnissmässig schnell verdaut; als Nahrung aufgenommene kleinere Protozoen bleiben häufig in dieser Zone lange Zeit am Leben, was durch ihre willkürlichen Bewegungen erkannt wird. Die Ablagerung erfolgt in dieser dritten Schicht sofort. Bei Amöben sowohl als auch bei Infusorien lässt sich das eben Gesagte aufs Klarste nachweisen. — Die mechanisch von aussen her aufgenommenen Nahrungstheile werden durch die äusserste Schicht hindurch gleiten gelassen, um dann in der Körnerschicht für einige Zeit zur Ruhe zu kommen. Bei den Gewebszellen wird der grösste Theil der in dieser Zellzone anzutreffenden Substanzen von der Zelle selbst gebildet. Als sehr typisches Beispiel für die Bildung der Nahrungsmassen können die Eizellen gelten. In denselben findet sich dann, wenn sie nach aussen abgelegt

werden sollen, d. h. sobald die Eier ausserhalb des mütterlichen Organismus zur Entwicklung gelangen müssen, stets eine grössere Menge von Bildungsmaterial, welches dazu bestimmt erscheint, den Körper des sich neu entwickelnden Individuums aufbauen zu helfen. Dies Bildungsmaterial führt schlichtweg die Bezeichnung Dotter oder auch Nahrungsdotter. Grosse Quantitäten desselben finden sich beispielsweise in den Eiern der Vögel, Schlangen u. s. w. Leichte Objekte zur Untersuchung der Dotterbildung bieten einzelne niedere Thiere, z. B. der Flusskrebs und ausserdem einige Amphibien, wie die Frösche und Kröten, Unken u. s. w. Untersucht man die Eier dieser Thierformen, so lange sie noch verhältissmässig jung sind, was am Besten dadurch geschieht, dass man einen sehr dünnen Schnitt aus dem Eierstock herausnimmt und denselben dann unter dem Mikroskop untersucht, so lässt sich leicht beobachten, dass zwischen grösseren Eiern zahlreiche kleine, meist mikroskopisch kleine, gelegen sind. Während die grösseren Eier ein dunkelkörniges Aussehen besitzen, erscheinen die kleineren Eier mehr oder minder hell, zum Theil vollkommen durchsichtig. Ihre innere Schicht zeigt keine Spur von Körnelung, es lässt sich bei denselben aber gerade stufenweise verfolgen, wie nach und nach innerhalb der ebengenannten dritten Schicht Körnchen auftreten und zwar zunächst an wenigen Stellen. Da sich im gesammten Umkreis der Zelle keine derartigen Körnchen finden, lässt sich schon von vornherein annehmen, dass diese von der Zelle selbst gebildet werden. Die Annahme ist um so mehr begründet, als in verhältnissmässig kurzer Zeit grosse Massen solcher Körnchen eingeschaltet werden. Vergleicht man die Letzteren mit den Dotterelementen des ausgebildeten Eies, so ist ohne Schwierigkeiten festzustellen, dass zwischen ihnen grosse Uebereinstimmung herrscht. Es sind diese Körnchen auch in der That sich entwickelnde Dotterelemente, anfänglich klein, später aber in grösseren Formen auftretend. Es wird um die Dotterelemente von der Zellsubstanz selbst fortwährend neues Material abgeschieden, bis sie endlich die wünschenswerthe Grösse erlangt haben. Sie liegen in einer homogenen Grundmasse eingebettet; zwischen ihnen finden sich häufig feinste Körnchen, zum Theil Farbstoffe, Fett u. s. w., welche dem gesammten Dotter seine Färbung verleihen, oder es liegen zwischen ihnen grössere hellglänzende Fettkugeln. Das Fett ist für die Bildung eines neuen Individuums ebenso nothwendig wie die Dotterkörnchen, ersteres enthält aber keinen Stickstoff, welcher

ein steter wichtiger Bestandtheil der Letzteren und aller Eiweisskörper ist. Sobald eine grössere Menge von Dotter ausgebildet ist und sowie die Eizelle ihre Entwicklung durchlaufen muss, wird ein Theil des Dotters innerhalb der Zelle schon wieder zum Verschwinden gebracht, er löst sich auf, oft ebenso plötzlich, wie er entstanden war. Der Process dieser Auflösung ist nun ein sehr interessanter. Bei genaueren Untersuchungen ist leicht zu sehen, dass diese Lösung des Dotters nicht an allen Theilen gleichmässig geschieht, sondern dass sie in bestimmten Schichten vor sich geht. Wird jetzt z. B. der Dotter, welcher der assimilirenden Schicht aufliegt, genauer untersucht, so zeigt sich, dass in Letzterer eine grosse Menge von Dotterelementen in allen möglichen Stadien des Zerfalls anzutreffen

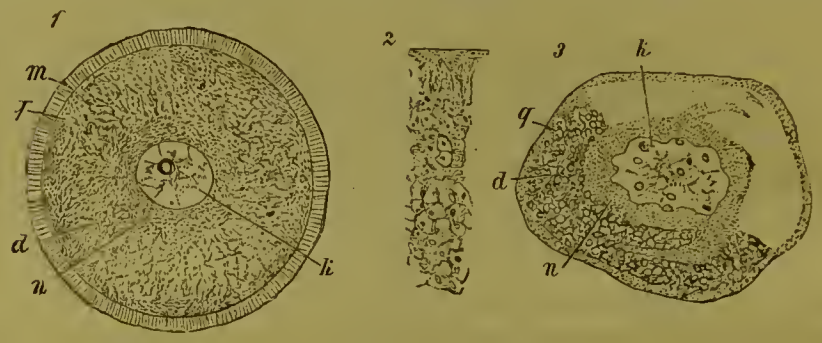


Fig. 7. 1 Reifes Ei des Menschen; k Kern (Keimbläschen), n assimilirende Schicht, d Dotterschicht, q periphere feinkörnige Schicht, m Membran, fein porös (vergrössert ca. 50 Mal). 2 Theil aus der äusseren Zone eines unreifen Eies der Ringelnatter; die obere feinkörnige Schicht ist die periphere, sie geht allmählich in eine immer grobkörnigere Dottermasse über. 3 Ei aus dem Eierstock des Flusskrebses; k Kern; n assimilirende Schicht, welche zwei pseudopodienartige Fortsätze in die Dotterschicht d entsendet (Letztere ist nur theilweise gezeichnet); q periphere Schicht (vergr. ca. 30 Mal).

sind. Dabei ist aber auch hier zu bemerken, dass die assimilirende Schicht in den Dotter mit verschieden gestalteten Fortsätzen hereindringt und eine mehr oder minder grosse Anzahl der Dotterelemente umschliesst (Fig. 7, 3). Es geht mit dem Dotter ganz ähnlich, wie wir es bei den aufgenommenen Algen gesehen haben. Die Dotterelemente verlieren zunächst ihre charakteristische Färbung und ihren Glanz, dann werden sie schliesslich zum Zerfall gebracht. Man sieht immer kleinere Stückchen und endlich nur feinste Körnchen, die dann in Lösung übergehen. Dabei lässt sich gleichzeitig bemerken, dass zur Zeit, wo diese Auflösung des Dotters stattfindet, in den übrigen Schichten, besonders in dem Kerne, Stoffe abgelagert werden, die vorher nicht dort vorhanden waren. Besonders sind es die sich

färbenden Substanzen, welche nun im Kern zur Ausscheidung kommen und zwar in grössten Mengen.

Bei den Infusorien und Amöben wird in diese dritte Schicht aber nicht allein das von aussen her aufgenommene Nahrungsmaterial eingelagert, sondern es kommen in ihr ebenfalls dotterähnliche Elemente zur Abscheidung, welche zu gewissen Zeiten von dem Individuum selbst gebildet werden, besonders dann, wenn es sich anschickt, in Ruhestadien überzugehen, wie solche später noch beschrieben werden müssen. Es muss dann Reservematerial geschaffen werden, welches die Functionen des Körpers, die ja weiter verlaufen sollen, unterstützt, ganz ähnlich so, wie der Dotter die Functionen des sich bildenden neuen Individuums anfänglich unterstützen soll. Sowohl bei Infusorien als auch bei Amöben sieht man

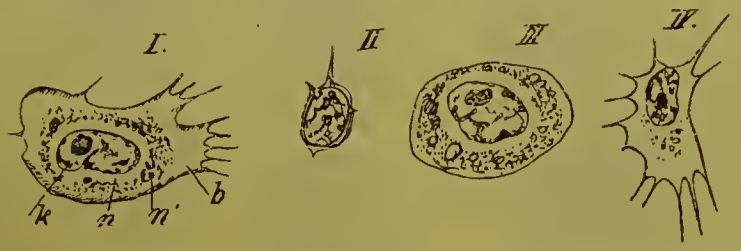


Fig. 8. Weisse Blutzellen aus dem Krebsblut. I. Zelle in lebhafter Bewegung; k Kern, n assimilirende Schicht, n' körnchenreiche Schicht, b Scheinfüsschen (Pseudopodien). II, III, IV gleiche Zellen von verschiedener Grösse und Form. Alle Figuren stark vergrössert.

zunächst auch nur einige wenige hellglänzende dotterähnliche Körperchen zwischen den aufgenommenen Nahrungsmassen, nach und nach vermehrt sich die Anzahl derselben und oft geht in verhältnissmässig kurzer Zeit, innerhalb von 1—2 Minuten, die Bildung dieser Körperchen so schnell vor sich, dass die ganze mittlere Schicht damit angefüllt erscheint, die unverdaulichen Reste werden aus dem Körper alsbald ausgestossen und dann für die nächste Zeit dies aufgespeicherte Nahrungsmaterial verbraucht. Die Auflösung desselben geht oft ebenso schnell wieder vor sich, wie seine Bildung und Ablagerung.

Die eben geschilderten mittleren Schichten der Zelle sind auch diejenigen, in denen bei vielen thierischen und pflanzlichen Zellen oft helle rundliche Hohlräume entstehen, angefüllt mit wasserklarer Flüssigkeit; sie werden als Vacuolen bezeichnet, bei niederen Organismen treten diese auf und verschwinden dann wieder, um

alsbald von Neuem aufzutreten, sie heissen daher hier pulsirende Vacuolen.

Zu den bisher genannten Schichten der Zelle können sich nun noch peripherisch gelegene hinzugesellen, die sich ebenfalls durch ihren Bau sowohl als auch durch ihre Functionen von den übrigen unterscheiden. In dem Körper der Infusorien und Amöben und ebenso in vielen Eizellen liegt peripherisch eine helle, meist sehr feinkörnige Schicht. Es ist diejenige, welche direct unter der Membran gelegen ist, falls eine solche ausgebildet erscheint. Bei den niederen Protozoen, den Amöben, aber auch bei den meisten Blutzellen der höheren Thiere kann man diese peripherische Zone

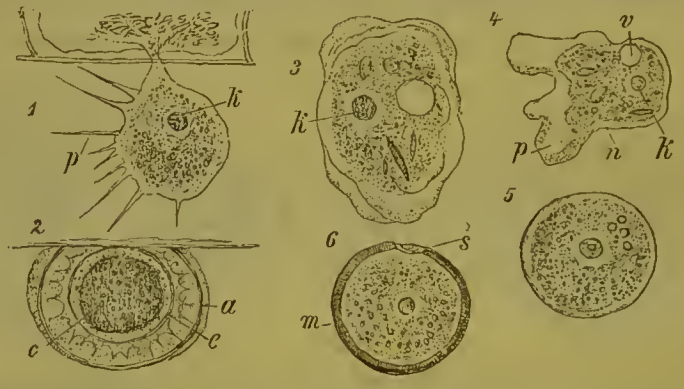


Fig. 9 Verschiedene Formzustände von Amöben im freien und encystirtem Zustande. 1 Amöbe, welche auf Algen schmarotzt *(Vampyrella)*; k Kern, p feine Scheinfüssehen. 2 Dieselbe Amöbe im encystirten Zustande; e Plasmainhalt, e innere, a äussere Schutzhülle; zwischen beiden findet sich ein zackiges Plasma. 3 Freie grössere Amöbe mit breiten Scheinfüsschen. 4 Amöbe aus faulenden Pflanzenstoffen, welche weniger breite Scheinfüssehen p entsendet; v Vacuole, k Kern, n äusseres Plasma. 5 Die Amöbe der Fig 4 im Zustande der Ruhecyste 6 Dieselbe im Stadium der Dauercystenbildung; m starke Membran, s Deckel, welcher abspringt und die späteren Sporen austreten lässt. (Vergrösserung ca. 800 fach.) Fig. 1 u. 2 nach Zopf.

noch in zwei Theile trennen, von denen der innere stets dem Körper aufgelagert bleibt, während der äussere Theil sich unter Umständen vom Körper losreissen kann. Das äusserste Plasma leitet hier die Ortsbewegungen der Zelle ein, es zieht sich in eine Reihe von Fortsätzen aus, die mehr oder minder lang und zahlreich sind. Es werden nach einer Seite hin gewöhnlich mehrere Fortsätze ausgestülpt. Dieselben sind vollkommen hell, körnchenfrei, oder nur sehr feinkörnig. Sowie sie hinreichend ausgestülpt sind, zieht sich der übrige Körper nach und auf diese Weise wird die Fortbewegung des gesammten Thieres eingeleitet. Diese Fortsätze werden daher als Scheinfüsschen (Pseudopodien) bezeichnet.

Bei den Infusorien und auch bei den Jugendformen der Amöben findet aber keine Fortbewegung durch Pseudopodien statt, sondern es bilden sich zu diesem Zwecke selbstständige Apparate aus, welche ein Umherschwärmen im Wasser gestatten, denn die Bewegung vermittelst der Scheinfüsschen kann nur auf einer festen Unterlage stattfinden, während sich die Infusorien und die Jugendformen der Amöben, die sogenannten Schwärmer derselben, nach allen Richtungen im Wasser fortbewegen können. Von der äusseren Zellschicht erstrecken sich nämlich bei diesen Individuen mehr oder minder lange fadenförmige Fortsätze nach aussen hervor. Die Fortsätze stehen im Innern mit den peripherischen Schichten im Zusammenhang. Sie sind dadurch ausgezeichnet, dass ihnen im hohen Grade eine Beweglichkeit zukommt, und zwar üben sie schwingende Bewegungen aus, welche meist ganz rhythmisch in bestimmten Richtungen verlaufen. Die Amöbenschwärmer besitzen 1—3 solche Flimmerhaare (Cilien) an einem Körperende. Unter Umständen können dieselben willkürlich eingezogen und wieder ausgestreckt werden; sie werden stets eingezogen, sowie das frei bewegliche Thier in die kriechenden Formen übergeht.

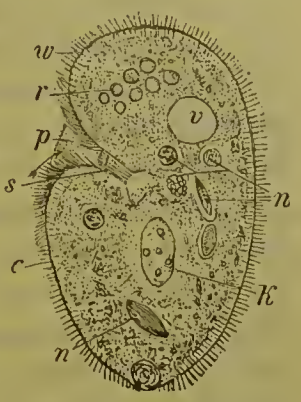


Fig. 10. Schema eines Infusors. p Mundfeld, sog. Peristom. Am Rande desselben stehen starke Wimperhaare, welche die Nahrung in der Richtung des Pfeiles nach dem Schlund s hinstrudeln. n Nahrungsballen im Innern der Leibesmasse. r Bereits umgewandelte Reservenahrung, welche in hell glänzenden Körperchen abgeschieden wird. k Kern im Umkreis desselben findet sich constant das helle Plasma (Nährplasmaschicht). v Contractile Vacuole. c Hülle im Umkreis des Körpers (sog. Cuticula). w Flimmerhaarbesatz, der zur Fortbewegung und im Umkreis des Mundes znm Herbeistrudeln der Nahrung dient.

Bei den Infusorien sind andererseits eine grosse Anzahl solcher Cilien vorhanden, welche über die gesammte Körperfläche oder über bestimmte Theile derselben ausgebreitet sind und nicht wieder eingezogen werden können, sondern so lange bestehen bleiben, als die betreffenden Individuen frei beweglich sind. Aber auch beim höheren pflanzlichen und thierischen Körper kommen Zellen vor, welche den eben besprochenen gleichen. Untersucht man beispielsweise das Blut eines Krebses, so lässt sich an demselben ohne viele Mühe eine helle Grundmasse und ein fester Bestandtheil unterscheiden. Die helle Grundmasse ist die Blutflüssigkeit, die festeren Theile sind freie

Zellen, welche in dieser Flüssigkeit leben und sich dadurch auszeichnen, dass sie genau nach Art der Amöben gebaut sind und sich auch wie diese bewegen. Besonders treten lebhafte Bewegungen ein, sowie das Blut auf einen erwärmten Objectträger gebracht wird und eine Temperatur von einigen 20° C. erlangt (vergl. Figur 8). Weiterhin kennen wir von zahlreichen Pflanzen Fortpflanzungsstadien, die sogenannten Schwärmer oder Sporen, welche ganz nach Art der Amöbenschwärmer gebaut sind, die ebenfalls an einem Körperende ein bis mehrere Wimpern tragen, vermittelst deren Schwingungen sie sich im Wasser fortbewegen. Ausserdem haben einige dieser Schwärmer die Fähigkeit, sich, mit Scheinfüsschen kriechend, wie die Amöben zu bewegen. In dem Thierreiche kommen solche ähnliche Elemente ebenfalls vor. Es sind hier die Samenelemente oder Samenzellen, die sich in ihrem Bau und in ihren Bewegungen den Amöbenschwärmern und den eben besprochenen Pflanzenschwärmern anschliessen. Auch sie bewegen sich sehr lebhaft entweder im Wasser oder doch in der Samenflüssigkeit. Ein späteres Kapitel wird die Abbildung mehrerer derselben bringen.

Von jener dem körnigen Plasma aufliegenden Schicht wissen wir in vielen Fällen, dass sie mit der Aufnahme und der Verarbeitung des Sauerstoffs in enger Beziehung steht. Besonders auffällig ist dies Verhalten bei den Eizellen. Stellt man bei vielen sich frei entwickelnden Eiern den Sauerstoff ab, so macht die äusserste Schicht ganz eigenthümliche Bewegungen durch. Sie streckt sich auch mit Fortsätzen aus, lediglich zu dem Zweck, auf diese Weise eine grössere Aufnahmefläche zu schaffen. Die Fortsätze verschwinden, sowie wieder die nöthige Quantität Sauerstoff dem Ei zugeführt wird. Später, bei der Besprechung einzelner Zellen, werden die eben genannten Schichten noch des Öftern hervorgehoben werden müssen. Jetzt sind nur noch die Theile der Zelle zu besprechen, welche von dieser selbst gebildet werden, aber direct an den Lebenserscheinungen derselben nicht mehr Theil nehmen. Es sind dies die Hüllen der Zelle, die Zellhäute oder Zellmembranen, und dann jene Substanzen, welche zwischen mehreren nebeneinanderliegenden Zellen ausgeschieden werden und die Bezeichnung Zwischensubstanzen, Intercellularsubstanzen führen.

Die Membranen bieten, was ihren Bau und ihre Functionen anlangt, grosse Verschiedenheiten dar. Es wurde schon erwähnt, dass sich die thierischen Membranen von den pflanzlichen sehr

wesentlich unterscheiden. Denn während die ersteren meist sehr zart, biegsam sind, sind die letzteren in der Regel kräftig, starr, fest und noch immerhin sehr elastisch. Es beruht dies auch auf den Eigenthümlichkeiten des thierischen und pflanzlichen Körpers. Das Thier bedarf der vollkommen freien Beweglichkeit, wenn der Körper alle Functionen, welche von ihm verlangt werden, normal erfüllen soll. Die Pflanze ist an die Scholle gebunden, Wind und Wetter preisgegeben, sie entbehrt der eigenen freien Beweglichkeit und muss daher derart beschaffen sein, dass sie allen den Verhältnissen, welchen sie ausgesetzt ist, möglichst vortheilhaft gegenüber steht. Sie muss in ihren einzelnen Theilen widerstandsfähig sein, daher der starre und feste Bau ihrer einzelnen Abschnitte und in letzter Instanz ihrer Zellen. Aber die Membranen haben für das Leben der Zelle und des gesammten Individuums noch einen besonderen Werth, sie stellen nämlich Filtrirapparate dar, durch welche Substanzen auf verschiedene Weise in die Zellen hinein und aus den Zellen heraus gelangen. In der Regel sind es Nährstofflösungen oder Wasser oder auch Gase welche durch die Zellhäute hindurch treten müssen. Meist hat aber dieser Durchtritt in ganz bestimmten Verhältnissen und nach ganz bestimmten, feststehenden Richtungen hin zu erfolgen.

So haben beispielsweise an der Oberfläche der Blätter die einzelnen Zellen durch die Membranen hindurch Kohlensäure von aussen her aufzunehmen und Sauerstoff nach aussen abzuscheiden. In der thierischen Lunge oder an der Oberfläche der Kiemen eines Thieres ist das Verhältniss gerade umgekehrt; hier muss von aussen her Sauerstoff in grössten Mengen aufgenommen werden, während vom Innern Kohlensäure an das umgebende Medium abgeschieden wird. In beiden Fällen treten also dieselben Gase durch die Membranen hindurch, aber gerade in umgekehrter Reihenfolge. Solange das Leben der Zelle normal verläuft, ist es nicht möglich, dass einmal durch die Lunge Kohlensäure von aussen nach innen und Sauerstoff von innen nach aussen hindurch filtrirt wird. Viele Zellmembranen lassen andererseits Salzlösungen wohl von innen nach aussen gelangen, aber nicht von aussen nach innen und auch umgekehrt. Durch dieses Verhalten besitzen selbstverständlich die Membranen für das Leben der Zelle einen hohen Werth. Nehmen wir gleich auch ein bestimmtes Beispiel an. In Folge des Lebensprocesses werden im thierischen Körper Schlackenproducte gebildet, die als Harn bezeichnet werden. Es entstehen daher Harnsäure, Harnstoff u. s. w. Diese Stoffe finden

sich in letzter Instanz im Blute, sie müssen aus ihm ausgeschieden werden, das Blut kommt aber bekanntlich mit zahllosen Zellen in Berührung und unter anderen auch mit den Zellen der harnausscheidenden Apparate, mit denen der Niere; fügt man den ersteren Zellen Harnsäure zu, so erlischt das Leben derselben vorübergehend oder für immer; es müssen also ihre Membranen so beschaffen sein, dass Harn nicht von aussen in das Innere der Zelle eindringen kann. Nur die Membranen jener Zellen der harnausscheidenden Apparate, der Nieren, besitzen die Fähigkeit, umgekehrt Harn vom Blut aufzunehmen und denselben durch die Zellen hindurch treten zu lassen, um ihn dann an einer anderen Seite wieder zur Ausscheidung zu bringen. — Gerade das letzte Beispiel lehrt uns auch, dass die Zellwände ein und derselben Zelle an verschiedenen Theilen verschieden gebaut sind. So kann in die Nierenzellen vom Blute her Harn eindringen, derselbe geht durch den Zellkörper hindurch und wird dann von der entgegengesetzten Seite der Zelle durch eine frei nach aussen liegende Zellmembran wieder abgeschieden. Es hält aber sehr schwer, Harn von der freien Seite nun wieder in den Körper zurücktreten zu lassen. In normaler Weise findet dies niemals statt.

Bei den Pflanzen müssen oft grosse Mengen Wassers in relativ kurzer Zeit durch den gesammten Körper hindurch gehen. Wenn man Versuche mit ziemlich ausgetrockneten, durstenden Pflanzen macht, welche die Blätter schlaff herunter hängen lassen, so kann man nach Wasserzusatz in kurzer Zeit bemerken, wie das Wasser durch den Stengel hindurch in die Blätter hineinströmt, wie diese sich füllen und wieder ihre frühere Gestalt annehmen. Das Wasser hat hier tausende und abertausende von einzelnen Zellen zu passiren, es geht aber durch diese Wege mit grosser Leichtigkeit hindurch. Ganz ebenso wie das Wasser verhalten sich nun auch Nährstofflösungen, Eiweisslösungen u. s. w., welche zur Ernährung der einzelnen Zellen und zur Unterstützung der Functionen derselben selbstverständlich stets im Körper circuliren müssen. Um nun allen diesen Anforderungen gerecht zu werden, muss vor allen Dingen die Zellmembran einen ganz eigenthümlichen Bau besitzen. Wenn sie allseitig fest geschlossen und gleich dicht wäre, wie z. B. Glas oder Porzellan, würden weder flüssige noch gasförmige Stoffe von innen nach aussen, noch von aussen nach innen durch dieselbe hindurch treten können. Um Letzteres möglich zu machen, ist es nöthig, dass sich in der

Membran feine Kanälchen befinden: wir sagen, die Membranen sind porös. Es hält allerdings nicht immer leicht, vermittelst des Mikroskops die Porösität nachzuweisen, denn die Kanälchen, welche einen Eintritt nach innen und einen Austritt nach aussen gestatten, sind vielfach so fein, dass sie auch mit unseren besten Instrumenten nicht sichtbar zu machen sind.

In anderen Fällen allerdings sind die Kanälchen sichtbar und besonders zeigen die Innenflächen vieler Drüsenzellen, also jene Seiten, welche nach dem Drüsenkanal zu liegen, häufig eine sehr feine Streifelung, welche der Ausdruck der in den Membranen liegenden Kanälchen ist. Am klarsten ist nun das Kanalsystem innerhalb der Pflanzenzellmembranen entwickelt. Hier sind die Kanälchen entsprechend der verhältnissmässigen Dicke der Membranen auch sehr stark; sie erscheinen in der mannigfachsten Form entweder als unregelmässig gestaltete, schräg von innen nach aussen verlaufende Oeffnungen oder in Form von regelmässig angeordneten längs oder quer gestellten grösseren Spalten oder in Form sogenannter Tüpfel. Letztere sind doppelseitige, linsenförmige Erhebungen, die in der Mitte durchbrochen erscheinen und im Innern einen ebenfalls linsenförmig gestalteten Hohlraum zeigen (vergl. nebenstehende Abbildung). In einigen Fällen werden die Tüpfel durch zarte Membranen im Innern verschlossen. Diese Membranen sind dann allerdings ihrerseits wieder sehr fein porös und gestatten einen ungehinderten Ein- und Austritt von Flüssigkeiten durch die Zellen hindurch. Weil diese Oeffnungen innerhalb der Zellhaut bei den Pflanzen häufig sehr zierlich angeordnet sind, so bieten sie für dergleichen Untersuchungen sehr geeignete Objecte.

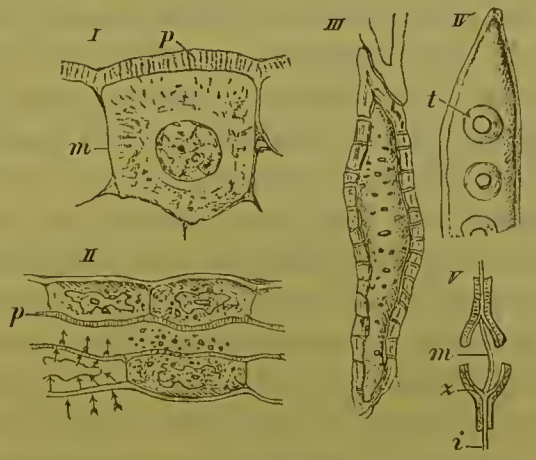


Fig. 11. Verschiedene Membranbildungen pflanzlicher und thierischer Zellen. I Epithelzelle mit poröser Membran p auf der freien Fläche, m Grenzmembran mit benachbarten Zellen. II Stückchen eines Harngefässes der Insekten, links sind Zellen ohne Inhalt gezeichnet, die Pfeile geben die Richtung an, in welcher die harnsauren Verbindungen durch die Zelle hindurchtreten. III Pflanzliche Zellen mit Tüpfelkanälchen. IV Tüpfel t in der Aufsicht stärker vergrössert. V Tüpfel im Durchschnitt, m Theil der Mittellamelle, welcher die Höhlung des Tüpfels mit dünner Membran verschliesst, z Zellmembran, i Mittellamelle.

Die Masse, aus der die Membranen bestehen, ist sehr verschieden. Bei den Planzen findet sich allgemein die sogenannte Cellulose in ihnen verbreitet. Dies ist ein eigenthümlicher Stoff, der vor allen Dingen im Holz in mächtigster Ausbildung aufgespeichert liegt. In thierischen Zellen ist die Zusammensetzung der Membranen noch nicht genau bekannt; zum Theil werden es Eiweissverbindungen sein, welche aus dem Zellplasma abgeschieden werden und an der Oberfläche zur Verdickung gelangen, und so scheint es beispielsweise bei den niedrigen Amöben zu sein. Denn wenn dieselben ins Ruhestadium übergehen, umhüllen sie sich mit einer plötzlich dicht werdenden Membran, welche später ebenso leicht wieder zur Lösung gebracht wird, wenn das Thier aus dem Ruhestadium in das bewegliche Stadium austritt. Bei andern Membranen wird es ein hornartiger Stoff sein, welcher zur Ausscheidung gelangt und den betreffenden Zellen dann selbstverständlich einen ganz bedeutenden Schutz gegen äussere Einflüsse gewährt. Viele Eier niederer Thiere besitzen sehr complicirte Hüllen, die zum Theil auch den Charakter von Membranen tragen, zum Theil aber von zahlreichen Zellen abgeschieden werden und bei späteren Betrachtungen zu untersuchen sind.

Die Zellzwischensubstanzen. Von zahlreichen Zellen wird zum Zweck der gegenseitigen Stütze oder um Zug, Druck u. s. w. aushalten zu können, ein Material geliefert, welches sich schliesslich von der Zelle selbst trennt, welches aber andererseits als ein Product der Zelle anzusehen ist. Zwischen die Zellen schalten sich Substanzen ein, welche nur eine Anzahl von Nebenfunctionen auszuüben und dazu eine passive Rolle zu spielen haben, aber trotz alledem für die Leistungen der Gewebe grosse Wichtigkeit besitzen. Diese Zellzwischensubstanzen oder Intercellularsubstanzen sind in der mannigfachsten Weise in der verschiedensten Quantität ausgeschieden. Ganz allgemein bekannt sind jene mächtigen, im höheren Thierkörper vorkommenden Stützgewebe, die als Knochen und Knorpel bezeichnet werden; sie bestehen der Hauptsache nach aus solchen Intercellularsubstanzen. Auch bei den Pflanzen werden solche Substanzen zwischen die Zellen eingeschaltet und besitzen hier ganz verschiedene Functionen. Dem Botaniker sind die Intercellularsubstanzen als Mittellamellen zwischen den einzelnen Zellmembranen bekannt. In vielen Geweben umgeben diese Mittellamellen allseitig in gleich dicker Schicht als dünne Häute die einzelnen Zellen. Sie dienen als Kitt für dieselben. Bei jenen

Geweben, welche holzartig geworden sind, bleiben sie auch meist dünn, ganz entgegengesetzt dem Knorpel und Knochengewebe, welches noch besprochen werden muss. Sie sind meist stark lichtbrechend, dicht, nicht quellbar. Ausserdem lassen sie sich durch Schwefelsäure nicht zerstören, während dieselbe die übrige Zellmasse löst.

Das Verhältniss wird sich am einfachsten zu einem klaren gestalten, wenn wir sofort ein bestimmtes Beispiel für die Ausbildung der Zwischensubstanzen anführen; zweckmässig ist es, den sehr leicht zugänglichen und ohne Schwierigkeiten zu untersuchenden Knorpel zum Ausgangspunkt der Betrachtung zu machen.

Vermittelst eines scharfen Messers (Rasirmessers z. B.) gelingt es leicht, von einer Knorpelfläche einen möglichst dünnen Schnitt herunterzunehmen. Wird derselbe unter dem Mikroskop in 0,5 proc. wässeriger Kochsalzlösung untersucht, so werden die einzelnen Elemente des Knorpels sich zunächst verhältnissmässig wenig verändern. Es zeigt sich dann, dass die ganze Masse aus zweierlei Gebilden besteht, einmal aus rundlichen Körnchen, welche entweder unregelmässig zerstreut oder in regelmässigen Zügen angeordnet, innerhalb des Knorpels gelegen sind; sie sind die eigentlichen Knorpelzellen oder Knorpelkörperchen, und zweitens liegt zwischen ihnen eine bläulich schimmernde glasige Masse, die, ohne weiteres Hilfsmittel betrachtet, vollkommen homogen ausgebildet erscheint. Es ist die Zellzwischensubstanz, welche hier in regelmässiger Menge ausgebildet ist. In einzelnen Theilen des Knorpels nimmt sie den grössten Theil der gesammten Masse ein, in anderen Theilen wird sie allerdings wieder durch die zahlreicher ausgebildeten Knorpelzellen verdrängt. In dem sich entwickelnden Knorpel lässt sich ohne Mühe konstatiren, dass die Grundmasse nicht in dem Verhältniss ausgebildet ist, wie dies bei dem vollkommen entwickelten Knorpel erscheint. Es hat sich nämlich im Laufe der Zeit von den einzelnen Knorpelzellen, welche ursprünglich nebeneinander

Fig. 12. 1. Drei Knorpelkörperchen mit der sie umgebenden Zellzwischensubstanz (Knorpel); 2. zwei Bindegewebezellen, welche Zwischensubstanz in Gestalt feiner Fasern ausgeschieden haben; 3. zwei Knochenzellen, die durch feine Kanälchen mit einander verbunden werden, nach oben und zwischen ihnen ist die knochenbildende Kalkmasse dunkel eingezeichnet.

angelagert sind, Masse ausgeschieden, welche sich zwischen die einzelnen Zellen einlagert und nun dieselben langsam auseinandertreibt. Es wird diese Masse selbstverständlich von feinsten Kanälchen durchzogen, die allerdings in den bei Weitem meisten Fällen auch durch die besten Mikroskope nicht sichtbar zu machen sind, von denen wir aber als gewiss annehmen müssen, dass sie sich im Knorpel finden, denn die einzelnen Zellen, welche von der Zellzwischensubstanz umschlossen werden, sterben nicht ab, sondern werden weiter ernährt und zwar zum Theil sehr energisch ernährt, was daraus geschlossen werden kann, dass sich diese Zellen häufig und zwar ziemlich schnell fortpflanzen. Im Umkreis der einheitlichen Knorpelzellen liegt ganz allgemein noch eine dichtere Masse, welche die Zellen kapselartig umgiebt und in der That auch als Kapsel bezeichnet wird (vergl. später Knorpelgewebe). Sie hängt mit der Zwischensubstanz eng zusammen, während ihr Verhältniss zu den Knorpelzellen selbst ein weniger festes ist. In der Kapsel theilen sich die Zellen ruhig weiter, so dass man oft 2, 3, 4 und mehr nebeneinander gelagert findet; es stellt sich aber auf den ersten Blick heraus, dass die Grenzen der Zellen in der Regel nicht bis an die Kapselwandungen heran reichen, sondern von diesen etwas zurücktreten und besonders während der Theilung von ihnen abgegrenzt sind. Die gleichmässige Grundmasse zeigt, wenn sie mit den geeigneten Reagentien untersucht wird, ebenfalls wieder eine verhältnissmässig complicirte Structur. Sie wird selbstverständlich von den umliegenden Zellen abgeschieden; ausserdem muss aber angenommen werden, dass sie nicht von allen Seiten gleichartig zur Abscheidung gelangt, sondern dass an verschiedenen Stellen einmal verschieden starke Partien ausgeschieden werden. Diese Verschiedenheiten müssen sich dann auch im Bau ausdrücken und thun es auch. Denn nach Anwendung geeigneter Reagentien erscheint auch der vollkommen gleichartig ausgebildete Knorpel von sehr faseriger Structur, welche nach und nach scharf und schärfer hervortritt. Die Fasern sind zum Theil regelmässig um die zugehörigen Zellen angeordnet, zum Theil aber auch ohne Regelmässigkeit durcheinander gelagert.

Der eben geschilderte Knorpel wird seinem Aeusseren nach als der gleichartige (hyaline) bezeichnet. Ihm stellt man solche Knorpel entgegen, welche die zuletzt besprochenen Fasern auch ohne Anwendung von Reagentien genau erkennen lassen; es sind dies der Faserknorpel und der Netzknorpel. Auch hier finden sich Knorpel-

zellen in ganz ähnlicher Anlagerung und Ausbildungsweise vor wie beim hyalinen Knorpel, aber die Zwischensubstanz, welche in ihrem Umkreis ausgebildet ist, erscheint auf dünneren Schnitten nicht gleichförmig, sondern faserig. Ausserdem lassen sich noch eine Reihe von Differenzirungen erkennen, die an ähnliche Zellarten, an das sogenannte Bindegewebe, erinnern. Bei anderen Intercellularsubstanzen sind die Verhältnisse noch weiter complicirt. Als ein ebenfalls leicht zur Untersuchung geeignetes Object mag hier noch kurz der Knochen besprochen werden.

Unter Knochen versteht man die festesten Stützgewebe innerhalb des höheren thierischen Körpers. Die Erfahrung lehrt, dass bei dem sich entwickelnden Thier oder Menschen Knochen zunächst nicht vorhanden ist, sondern dass er erst verhältnissmässig spät entsteht und zwar nach und nach in weichen Geweben auftritt. Anfänglich liegen die einzelnen Zellen, welche später das Knochengewebe aus sich hervorgehen lassen, auch alle eng nebeneinander. Sie werden nicht von Zwischensubstanz geschieden. Nach und nach rücken sie aber etwas voneinander, wodurch sie andere Substanzen zwischen sich einschalten. Vorläufig ist es auch noch keine Knochenmasse, welche jetzt anzutreffen ist, sondern diese Zellzwischensubstanzen haben ganz den Charakter der Knorpelzwischensubstanzen und können auch als Knochenknorpel bezeichnet werden. Später gehen nun grössere Umformungen vor sich; die zuerst ausgeschiedene Zwischensubstanz wird zum Theil wieder verdrängt und an ihre Stelle tritt die bleibende, welche aus verschiedenen Stoffen besteht.

Zunächst ist in dieser eine Grundsubstanz zu constatiren, welche organisch ist, d. h. deren Masse aus complicirt zusammengesetzten Kohlenstoff- und Stickstoffverbindungen besteht. Dann ist aber auch andrerseits in diese organische Grundmasse anorganische Masse abgelagert, d. h. solche, die für gewöhnlich nicht innerhalb des thierischen Körpers anzutreffen ist und kein Product der Thätigkeit des thierischen Körpers zu sein braucht. Beim Knochen sind es Kalksalze, welche zur Abscheidung gelangen, und zwar phosphorsaurer und kohlensaurer Kalk, daneben noch in Spuren andere Kalksalze, wie Fluorcalcium u. s. w. Der Körper hat diese Substanzen allerdings auch aufgenommen, mit der Nahrung ist in ihn Kalk hineingelangt und ebenso jene Bestandtheile, welche die Phosphorsäure lieferten. Es ist nun in den Zellen Phosphorsäure, Kohlensäure u. s. w. zur Ausscheidung gekommen, diese hat sich mit den Kalksalzen, welche

im Blute gelöst werden oder in verschiedenen Zellen vorkommen, verbunden, und da die so entstehenden phosphorsauren Kalksalze sonst für die Unterhaltung der Lebensfunctionen keinen Nutzen haben, so sind sie hier in der Zwischensubstanz in reichlichster Menge abgeschieden. Künstlich kann man die Abscheidung von solchen Kalksalzen veranlassen, wenn man Fremdkörper, z. B. Goldplatten u. s. w., in thierische Gewebe einschiebt. Sie werden dann nach und nach von einer Kalkhülle umgeben, ganz ähnlich so, wie die Trichinen und andere Parasiten, welche innerhalb der Muskulatur des Körpers zur Ablagerung gelangt sind.

Doch um nun wieder auf die Knochensubstanz zurückzukommen, so ist von derselben weiterhin zu bemerken, dass auch sie nicht vollkommen gleichmässig zwischen den einzelnen Zellen ausgebildet ist, sondern dass sie zum Zweck der Ernährung der Knochenzellen von zahlreichen Kanälchen durchsetzt wird. Es liegen die Knochenzellen ähnlich wie beim Knorpel zerstreut, im Knochen allerdings in regelmässigeren Zügen meist kreisförmig um grössere Kanälchen herum vertheilt. Die einzelnen Knochenzellen besitzen dann spindelförmige Gestalt. In ihrem Umkreis findet sich ein glasheller Raum, von dem aus zahlreiche Ausläufer in die Knorpelmassen hineingehen. Die einzelnen Ausläufer der verschiedenen Zellen stehen untereinander wieder in Verbindung und auf diese Weise werden die einzelnen Knochenzellen gleichfalls miteinander verbunden. Man kann diese Structur leicht untersuchen, wenn man Knochen längere Zeit hindurch in verdünnte Salzsäure legt. Es bleibt dann ein gallertiges schwammiges Gewebe übrig, welches ebenso wie der Knorpel in dünne Schnitte zerlegt werden kann. Die gallertige Masse besteht zum Theil aus der Grundsubstanz, zwischen der dann die Knochenzellen eingestreut liegen (vergl. Ausführliches im Kapitel Knochengewebe).

Es ist nun überdies nicht nöthig, dass alle Zwischensubstanzen diese feste Form besitzen, sondern es giebt auch solche, welche stets gallertartig bleiben, andere welche im Stande sind, stark Wasser in sich aufzunehmen, wie wir sagen: zu quellen; wieder andere besitzen nur eine schwache Fadenform, sie gehen dann strahlig von den Zellen, welche sie abgeschieden haben, aus. Die einzelnen Strahlen verbinden sich mit denen anderer Zellen, und auf diese Weise entsteht dann netzförmiges Gewebe, welches von Flüssigkeit umspült werden kann.

VIERTES KAPITEL.

Das Zusammenwirken der einzelnen Schichten und Theile der Zelle.

Alle die eben besprochenen Differenzirungen sind natürlich nicht zufällig innerhalb der Zelle oder innerhalb der Gewebe vorhanden, sondern eine jede derselben hat ihren bestimmten Zweck, hat ihre eigenen Functionen auszuüben, entweder activ oder passiv. Activ thätig werden die Schichten der Zelle sein, passiv thätig sind die Zellmembranen und die Zellsubstanzen. Von den Schichten innerhalb der Zelle müssen wir annehmen, dass sie in engster Wechselbeziehung zueinander stehen. Es ist vollkommen falsch zu sagen, der Kern hat die Hauptfunctionen und die übrigen Schichten haben Nebenfunctionen. Von Haupt- und Nebenfunctionen lässt sich in diesem Falle gar nicht sprechen. Es würde der Kern einfach nicht da sein, wenn die übrigen Schichten fehlten; die übrigen Schichten würden nicht functioniren können, wenn der Kern nicht in der nöthigen Weise seine Thätigkeit ausübte. Es ist ein Wechselverhältniss zwischen den einzelnen Schichten, wie ein solches auch zwischen den Organen eines höheren Körpers stattfindet. Wir dürfen auch im höheren Körper nicht sagen, ein Organ ist überflüssig, besitzt Nebenfunctionen. Wo Organe ausgebildet sind, haben dieselben auch eine bestimmte Thätigkeit auszuüben. Das Gehirn, der Sinnesapparat u. s. w. ist ebenso wichtig für das Bestehen des Menschen, wie der Verdauungsapparat mit seinem grossen Drüsencomplex, die Ausscheidungsorgane oder die Lungen. Es ist nicht möglich, ein Organsystem aus dem Körper zu trennen, ohne dass dadurch die Gesammtfunctionen des Körpers aufgehoben oder geschwächt würden.

Bei der späteren Betrachtung der verschiedenen Zellen wird sich auch noch zeigen, dass die einzelnen Schichten unter Umständen sehr verschieden entwickelt sind. Wir werden zu beobachten Gelegenheit haben, dass in manchen Zellen die Schicht des peripheren Plasmas in grösster Masse vorhanden ist. Diese Zellen haben dann die Hauptfunctionen, Bewegungen im Körper auszuüben; wir kennen sie als Muskelzellen, in welchem Falle aber keineswegs die übrigen Schichten fehlen, sondern sie sind nur in geringerem Maasse aus-

gebildet, treten gegen die mächtig entwickelten äusseren Schichten zurück. Ein ganz Aehnliches könnte auch von anderen Zellen behauptet werden, jedoch liegen die Verhältnisse dort nicht so einfach und klar, wie gerade in dem angezogenen Beispiel.

1. Zellbewegungen.

Schon an verschiedenen Stellen ist darauf hingewiesen worden dass dem Plasma die Eigenschaft der Bewegung in hohem Grade zukommt. Es sind zum Theil Bewegungen der gesammten Zellsubstanz, zum Theil solche gewisser Theile, welche hier zu berücksichtigen sind. Innerhalb eines jeden lebenden Plasmas muss ja allerdings ein sehr energischer Stoffumsatz stattfinden. Bei diesem Stoffumsatz werden von aussen her Stoffe aufgenommen, dieselben werden innerhalb der Zelle verarbeitet und aus ihnen Substanzen gebildet, welche nun den verschiedenen Schichten in verschiedener Weise zugeführt werden. Es ist leicht ersichtlich, dass sowohl bei dieser Aufnahme, wie auch bei der Ausscheidung Bewegungen innerhalb des Plasmas stattfinden müssen. Es werden sich Strömungen erkennen lassen, die unter Umständen in ganz regelmässiger Weise von aussen nach innen verlaufen. Solche Strömungen sind in der That auch stets in der lebenden Zelle vorhanden. Man kann sie leicht zur Anschauung bringen, wenn die einfachen Zellen als Untersuchungsobjecte gewählt werden. Im Körper vieler Infusorien lassen sich solche Plasmaströmungen schon sehr deutlich bei verhältnissmässig schwachen Vergrösserungen nachweisen, ebenso auch in den Wurzelhaaren einiger Pflanzen. Dieselben sind deshalb sehr geeignet, weil sie im Wasser direct untersucht werden können und doch so kleine Objecte darstellen, dass die Bewegungen innerhalb einer Zelle zu übersehen sind. Einem jeden Beobachter wird es dabei auffallen, dass die Strömungen häufig mit grosser Constanz eine Zeit lang in derselben Richtung stattfinden, dann plötzlich treten Stockungen ein, die gesammte Masse zieht sich an einigen Stellen mehr oder minder intensiv zusammen, sie ruht gleichsam eine Zeit lang aus, worauf hin schliesslich die Bewegungen in gleicher Weise wieder fortgesetzt werden. Als sehr geeignete Objecte für diese Untersuchungen sind seit langer Zeit die Wurzelhaare der Tradescantia bekannt.

Auch in thierischen Zellen lassen sich Strömungen leicht nachweisen. Wird der Speichel, welcher in der Mundhöhle zusammenläuft, untersucht, besonders kurze Zeit nach der Nahrungsaufnahme,

so lassen sich in ihm neben Epithelzellen auch kleine rundliche Zellen erkennen, die sogenannten Speichelzellen. Mit guten Systemen zeigt sich dann im Innern der Zelle eine sehr lebhafte Bewegung. Der Zellleib erscheint mit Körnchen angefüllt, welche jedoch nicht in Ruhe verharren, sondern fortwährend in tanzender Bewegung sind. Allerdings kann man hier weniger von ausgesprochenen Strömungen sprechen, denn die Körnchen bewegen sich nur innerhalb gewisser Grenzen, stets aber sehr lebhaft. Bis in die neuere Zeit hinein hat man diese Bewegungen als sogenannte Molecularbewegungen beschrieben, während eigentlich unter Molecularbewegung nur die Bewegung der kleinsten Theile zu verstehen ist, jene Bewegungserscheinung, die wir als Licht, Wärme und Electricität kennen gelernt haben.

Es kann aber auch vorkommen, dass nur gewisse Schichten der Zelle Bewegungen ausführen. Hin und wieder sieht man solche nur vom Kern eingeleitet. Der Kern bewegt sich dann energisch hin und her, er verändert seine äussere Form u. s. w. Es tritt dies ein, wenn sich der Kern theilen will oder wenn er Nahrung von aussen her aufnimmt. Ein Gleiches findet mit der dem Kern aufliegenden assimilirenden Schicht statt. Auch sie bewegt sich häufig sehr energisch, meist aber auch nur, wenn sie in Function ist, d. h. wenn sie die Nahrung zu umfliessen sucht, um sie weiter zu verarbeiten. Am deutlichsten erscheinen die Bewegungen der assimilirenden Schicht zu der Zeit, wenn sich Eizellen anschicken, die erste Theilung zu durchlaufen.

Wie schon erwähnt wurde, ist die eigentlich activ sich bewegende und zum Theil unter dem Willen des Thieres stehende Schichte der Zelle die des Bewegungsplasmas, welches peripherisch angeordnet ist. In ausgesprochener Weise kommt dasselbe nur den thierischen Zellen zu, wenn schon, wie Seite 44 erwähnt wurde, auch einige Pflanzenzellen die Fähigkeit der eigenen Bewegung besitzen. Die Bewegungen dieser Schicht beruhen entweder auf Strömungen, welche denen gleichen, die wir oben von dem Plasma im Allgemeinen besprochen haben. Es ist eine Stoffcirculation, ein Rückwärtsgleiten und Umeinanderfliessen. Klar läst sich dasselbe bei den niederen Amöben und dann bei den farblosen Blutkörperchen der höheren Thiere constatiren. In andern Fällen sind es aber Lageveränderungen ganz bestimmter Art, welche das Bewegungsplasma durchläuft, und diese Verhältnisse treten hauptsächlich innerhalb der Muskelzelle auf.

Auf einen äussern Reiz hin, welcher meist durch besondere Nervenfasern übermittelt wird, lagert sich die Bewegungsschicht der Muskelfaser, die sogenannte contractile Substanz derselben in ganz gesetzmässiger Weise um. Es wird meist die Dicke der Faser vergrössert, die Länge etwas verkleinert und deshalb sagen wir im Allgemeinen, die Muskelfaser contrahirt sich. Nach der Contraction findet dann wieder eine Extension statt. — Da eine grosse Menge einzelner Muskelfasern in unsern Muskeln nebeneinander liegen und gleichzeitig zur Anwendung gebracht werden, so summirt sich die Fähigkeit der Contraction der einzelnen Zellen und es entsteht der Effect, welcher Jedermann bekannt ist: der Muskel verkürzt sich insgesammt. Dabei findet eine Anschwellung des mittleren Theils desselben statt, er wirkt auf die ihm angehefteten Sehnen ein und vermittelst dieser auf die betreffenden Bewegungsapparate resp. auf verschiedene Körpertheile. In den meisten Muskeln, welche dem Willen des Thieres resp. des Menschen unterworfen sind, die wir also auf Commando zusammenziehen können, ist die contractile Substanz ganz eigenthümlich angeordnet. Sie vertheilt sich nicht schichtförmig um die gesammte Faser herum, sondern sie liegt innerhalb derselben in Form kleiner Scheibchen, welche parallel zueinander gestellt sind und durch Scheibchen von wahrscheinlich nicht contractiler Substanz getrennt werden. Solche Muskelfasern sind später noch zu beschreiben, sie werden allgemein als quergestreifte bezeichnet, weil sich in ihnen die contractile Substanz von der indifferenten Substanz durch stärkeres Lichtbrechungsvermögen auffällig unterscheidet.

Endlich besitzen noch viele Zellen die Fähigkeit, Bewegungen, die wir in der That als moleculare bezeichnen müssen, auszuüben und fortzuleiten. Solche Zellen sind beispielsweise die Sinneszellen und die mit diesen in Verbindung stehenden Nerven. Alle Sinneseindrücke, welche wir empfangen, beruhen in letzter Instanz auf Bewegungen kleinster Theilchen. Vielfach sind diese Bewegungsursachen schon in Gestalt von Schwingungen vorhanden, wie dies bei Druck, Wärme, Licht und Electricitätsreiz oder bei Schallempfindung stattfindet. Das Licht beruht bekanntlich auf Schwingungen der kleinsten Theilchen eines Körpers, und ebenso ist es bekannt, dass die verschiedenen Farben verschieden hohe Schwingungswellen besitzen, dass diejenigen Stoffe, welche violett oder blau sind, am schnellsten schwingen, während die rothen am langsamsten in dieser Beziehung sind. Diese Schwingungen müssen nun, wenn sie

uns zum Bewusstsein kommen sollen, auf ganz bestimmte Zellen übertragen werden. Diese Zellen finden sich im Hintergrund des Auges, wir können sie als Sehzellen schlechtweg bezeichnen. Sie stehen in dicht geschlossenen Reihen eng nebeneinander, sind lang gestreckt und endigen mit dünnen, hellen Fortsätzen, welche in ein dunkles Polster eingebettet sind und hier den Reiz, den die Lichtwellen ausüben, empfangen. Am entgegengesetzten Ende steht eine jede dieser Zellen mit einer feinen Nervenfaser in Verbindung, dieselbe ist einem Telegraphendrahte vergleichbar, welcher den Reiz, den die Zelle empfangen hat, nun schleunigst weiter fortleitet und zwar bis zum Gehirn. Daselbst ist eine Station und von hier aus wird der Reiz auf ganz ähnliche Weise ebenfalls wieder durch Nervenfasern den Muskeln mitgetheilt. Es finden dabei Schwingungen kleinster Theilchen statt. Die Schwingungen verlaufen aber erst innerhalb gewisser längerer Zeiträume. Wenn man z. B. mit einer Nadel einen Stich in die Haut macht, so vergeht erst eine gewisse Zeit, ehe die betreffende Stelle durch Muskelwirkung auf den Reiz antwortet. Es ist während der Zeit der Reiz nach dem Centraltheil, nach dem Gehirn oder Rückenmark hin telegraphirt und von dort aus zurück an die betreffenden Muskelfasern. Die Bewegungen innerhalb der Sinneszellen und des Nervenapparates lassen sich nicht mit dem Mikroskop wahrnehmen, sondern sie sind vielleicht den Schwingungen der Electricität verwandt, wenigstens wirken Electricität und noch andere mechanische Reize schliesslich auf die Muskelzellen ganz ähnlich, wie diejenigen Reize, welche von der Nervenfaser ihr übermittelt wurden.

Ein gewisser Theil der pflanzlichen Zellen vermag endlich auch selbstständige Bewegungen auszuführen. So ist es von den Sporenzellen niederer Pflanzen bekannt, dass sie neue Individuen erzeugen, welche wie die schon S. 43 geschilderten Schwärmer eine Zeit lang frei im Wasser herumschwärmen, bevor sie sich festsetzen und dann wieder zu neuen Pflanzen heranwachsen. In dem Thierreiche sind allerdings die Beispiele von sich bewegenden Zellen häufiger, ist doch schon gezeigt, dass die weissen Blutzellen sammt und sonders eine eigene Bewegung haben, dass weiterhin auch die Saamenelemente der männlichen Thiere eine freie Beweglichkeit besitzen und dieselbe oft längere Zeit hindurch behalten. Im Uebrigen kommen aber solche sich freibewegende Zellen, nicht weiter vor. Eigene Bewegungen führen allenfalls auch noch die Darmepithelzellen aus

und ausserdem die Zellen vieler embryonaler Gewebe, indem dieselben von ihrer freien Fläche aus Fortsätze in die Nahrungsmaterialien hineintreiben. Durch die Fortsätze werden diese Nahrungsmaterialien umschlossen und in das Innere der Zelle hineingezogen, um dort verdaut zu werden. Besonders deutlich sieht man es bei den sogenannten primitiven Darmzellen der sich entwickelnden Thiere, bei den sogenannten Entodermzellen. Dieselben umfliessen in der geschilderten Weise die Dottertheile, lösen dieselben dann auf und schaffen neues Bildungsmaterial zur Herstellung weiterer Gewebselemente. Im Körper der Schwämme, zu denen unser Badeschwamm gehört — in dessen Körper die Theile, welche in den Handel kommen, nur das festere hornartige Skelet darstellen — finden sich zahlreiche, frei bewegliche Zellen in den mittleren Schichten. Durchschneidet man einen Schwammkörper, so lässt sich an ihm äusserlich und im Innern eine zusammenhängende Zellschicht constatiren, zwischen denen dann eine Gallertmasse liegt, welche eben aus freibeweglichen Zellen besteht.

Die Beweglichkeit vieler Zellen hat nur den Zweck, dem betreffenden Zellindividuum Nahrungsmaterialien zuzuführen. Sie hängt mit der Nahrungsaufnahme in engem Zusammenhang. Die Nahrungsaufnahme der Zellen kann, wie schon kurz angedeutet wurde, auf verschiedene Weise vor sich gehen. In den bei Weitem meisten Fällen vollzieht sich bei Gewebszellen ein Stoffaustausch durch die Membranen hindurch und zwar werden in die Zelle flüssige Nahrungsmaterialien eingeführt und ebenso flüssige Massen als Umwandlungsproducte wieder nach aussen herausgeschafft. In anderen Fällen werden aber auch festere Theile von Zellen aufgenommen und letzteres geschieht eben durch Umfliessen dieser festeren Theile. Der Körper drückt sich um die aufzunehmende Nahrung herum. Dieselbe wird in das Innere der Zelle eingeführt und dann erst in der dem Kern aufliegenden Schicht umgewandelt. Mit der Nahrungsaufnahme ist bei allen Zellen eine Volumenzunahme verbunden. Wir bezeichnen diese schlechtweg als Zellwachsthum. Das Zellwachsthum geht nicht bis ins Unbegrenzte fort, sondern ein Theil der Zellen bleibt verhältnissmässig klein, nur wenige vermögen grössere Dimensionen anzunehmen. Es wurde schon erwähnt, dass die meisten Gewebszellen nur einige hundertstel Millimeter im Durchmesser haben, dass sie selten grösser werden; andere Zellen nehmen hinwiederum bedeutende Quantitäten von Nahrung

auf, wachsen lange und stellen dann Gebilde dar, welche mit blossen Augen zu sehen sind, oder selbst wie die reifen Eizellen oft mächtige Dimensionen annehmen. Es ist allerdings die Bildung des Eies, wie wir später sehen werden, nicht streng auf ein Zellwachsthum zurückzuführen, sondern es kommt dabei nur darauf an, dem betreffenden Gebilde grosse Mengen von Nahrungsmaterialien zuzuführen, welche später verarbeitet werden; allerdings wird dann auch der Kern der Eizelle mit den umliegenden Schichten sehr gross und ist meist mit blossen Augen sichtbar.

Da nun fortwährend neue Nahrungsmaterialien dem Körper zugeführt werden, so geht zunächst ein energisches Wachsthum des gesammten Organismus vor sich. Das Wachsthum beruht aber schliesslich auf einer Vermehrung der einzelnen Zellen, während die Zellen selbst verhältnissmässig klein bleiben, ist dann das Maximum der Grösse erreicht, was ja bei allen Organismen eintreten muss. So findet eine Massenzunahme der Zelle nicht mehr statt, sondern es werden nur so viel neue gebildet, als alte zu Grunde gehen. Mit der Nahrungsaufnahme und dem Zellenwachsthum steht die Zellvermehrung oder Zelltheilung im engsten Zusammenhang. Es ist jede Theilung schliesslich auch weiter nichts als ein fortgesetztes Wachsthum. Wenn nämlich von einer Zelle, z. B. einer runden, kugelförmigen, eine bestimmte Quantität aufgenommen ist, so wird sich selbstverständlich der Körper der Zelle vergrössern, entsprechend der Menge der aufgenommenen Nahrung. Der Kern und die übrigen Schichten nehmen gleichfalls an Volumen zu. Es wurde aber schon früher bemerkt, dass bei einer Volumenzunahme die Oberfläche nicht in demselben Verhältniss mitzuwachsen vermöge; also wenn das Volumen eines Würfels z. B. 1 Cubikcentimeter beträgt, so ist seine Oberfläche 6 Quadratcentimeter. Lassen wir nun eine Seite um die doppelte Länge wachsen, so wächst der Inhalt des Würfels um das Achtfache, er beträgt also 8 Cubikcentimeter. Auf diese 8 Cubikcentimeter kommen aber nur 24 Quadratcentimeter Fläche, also auf 1 Cubikcentimeter 3 Quadratcentimeter Fläche, also genau halb so viel als in dem ersten Falle. Da nun die meisten Functionen durch die Fläche zur Wirksamkeit gelangen, so ist es selbstverständlich, dass der zweite Würfel nur halb so gut functioniren wird als der erste Würfel. Was hier für den Würfel gilt, gilt auch für den Zellkörper und die übrigen Schichten der Zelle. An einem steigenden Wachsthum werden die Zellen

verhindert, weil sie dann nicht genügend Arbeit zu verrichten vermögen, sie suchen also das Verhältniss der Oberfläche zum Inhalt wieder auf das richtige Maass zurückzubringen und dies kann nur geschehen, wenn sich nach einem bestimmten Wachsthum der Kern und die übrige Zellsubstanz theilt, d. h. zwei neue Individuen bildet, von denen jedes ungefähr wieder die Dimensionen hat, welche das ursprüngliche Zellindividuum besass, bevor es energisch zu wachsen begann. Die Zelltheilung ist für das Leben der Organismen von allerhöchster Bedeutung und daraus erklärt es sich auch wohl, dass ihr gerade von neueren Forschern so grosses Gewicht beigelegt wird. Deshalb soll sie hier auch in einiger Ausführlichkeit besprochen werden.

Die Theilungserscheinungen sind aber — und da kommt es jetzt darauf an — Bewegungen aller Zellschichten; hier zeigt sich recht drastisch, dass eine Schicht allein nicht unabhängig in Bewegung versetzt werden kann, sondern dass sich alle Schichten gleichzeitig daran betheiligen. Bewegungen finden zunächst statt in einzelnen Zelltheilen, verbreiten sich von hier aus auf die gesammte Zelle, dann auf Zellcomplexe, Organe, Organsysteme und schliesslich auf den Gesammtorganismus. Z. B.: Ein Reiz, welcher auf die Sehhautzellen des Auges ausgeübt wird, kann von hier aus auf das Nervensystem und von dort aus auf fast alle Organe übertragen werden; er kann Lustgefühl oder Unlustgefühl des Gesammtorganismus erzeugen und dementsprechend nicht nur die Bewegungsapparate, sondern auch eventuell den Verdauungsapparat, das Herz und Gefässsystem, die Lungen u. s. w. beeinflussen. — In dem Körper, in den Organen, Geweben und in letzter Instanz in den Zellen herrscht niemals Ruhe und Gleichgewicht, sondern fortwährend Bewegung; diese Bewegungen bezeichnen wir insgesammt als Leben, sie sind die Folgen chemischer oder mechanischer Reize, welche auf die Zellschichten ausgeübt werden. $^1/_5$ Gramm Morphium, welches zunächst die Magenzellen anormal reizt, vermag z. B. schliesslich alle Zellcomplexe des Körpers in unregelmässige Bewegung zu versetzen, so dass die nothwendige geordnete Bewegung zwischen Zelltheilen und Zellen unterbrochen wird und nicht wieder herstellbar ist; es tritt dann der Tod des Individuums ein. Das Erforschen der herrschenden gesetzmässigen Bewegung, welche auf Stoffaufnahme und Stoffumlagerung beruht, ist die höchste und schwierigste Aufgabe der Physiologie.

2. Zelltheilung.

Eine jede Vermehrung, sei es nun eine solche der Zelle, sei es eine solche der Individuen, ist auch als ein Wachsthum über eine bestimmte Grenze hinaus zu betrachten und nach diesem Gesichtspunkt hin weiter zu verfolgen. Es wird jede Zelltheilung und jede Vermehrung nur dann vor sich gehen, wenn von dem betreffenden Individuum Nahrungsmaterialien in genügenden Quantitäten aufgenommen werden und zur Verarbeitung gelangen können. Bei der Zelltheilung selbst lassen sich eine ganze Reihe von verschiedenen Stadien und Modificationen unterscheiden. Die einfachsten Formen der Theilung bieten auch wieder die niedrigen Lebewesen, jene Formen, von denen man nicht weiss, ob sie zu den Pflanzen oder zu den Thieren zu zählen sind. Werden die in faulenden Substanzen massenhaft vorkommenden Spaltpilze auf diese Verhältnisse hin untersucht, so zeigt sich bei ihnen sehr bald, dass die einzelnen Individuen dann, wenn sie unter günstigen äusseren Bedingungen leben können, sehr schnell neue Individuen erzeugen. Diese Production geht aber in denkbar einfachster Weise vor sich. Aus dem umgebenden Medium wird fortwährend neues Bildungsmaterial aufgenommen. Dasselbe wird dem Körper zugeführt, dieser wächst dabei und dann endlich, wenn er bis zu einem gewissen Grade ausgedehnt ist, schnürt er sich einfach in zwei Theile ab, welche sich dann voneinander trennen und als selbstständige Individuen weiter leben. Die beistehende Figur zeigt, wie es auch in der That der Fall ist, dass hier hauptsächlich ein Wachsthum in der Längsrichtung stattfindet und dass aus stabförmigen Spaltpilz-Körpern wieder stabförmige durch einfache Quertheilung entstehen. Sind die

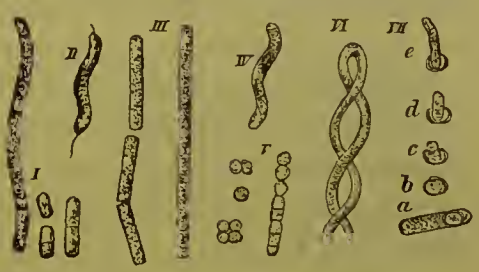


Fig. 13. Spaltpilze in verschiedener Ausbildung und Entwicklung. I Längerer Faden, dessen Inhalt durch Quertheilung in einzelne aufeinanderfolgende Stücke zerlegt ist, rechts unten einige isolirte Stücke; II gewundenes, an den Enden in Flimmerhaare ausgezogenes Fadenstück; III verschieden lange Stäbchen, unten links ein Stäbchen in Theilung; IV gewundenes Stäbchen; V in Kugeln (Coccen) zerfallende Stäbchen; VI spiralig gewundenes und gedrehtes langes Stäbchen; VII Spaltpilzentwicklung aus der Spore, a Stäbchen mit rechts gelegener eirunder Spore, b isolirte Spore, c Spore, aus welcher der Inhalt auskeimt, d weiteres Stadium, e solches, bei welchem der Kern schon deutlich Fadenform annimmt.

Theilungsstücke sehr klein, so können die Stäbchen in Kugeln zerfallen, sind sie sehr gross, so können sie später gewundene Formen annehmen und dementsprechend werden dann auch die verschiedenen Spaltpilze in verschiedene Gruppen zusammengefasst; die runden bezeichnet man als Coccen, die gestreckten als Stäbchen und zwar als kurze und lange Stäbchen, die gewundenen als Spirillen und Spirulinen.

Aeusserlich lässt der Körper dieser Formen keine weiteren Differenzirungen erkennen und deshalb ist es auch natürlich, dass der Process der Theilung sehr einfach zu verlaufen scheint. Es muss dabei jedoch stets bedacht werden, dass unsere Hilfsmittel uns hier vielfach im Stich lassen. Es können im Innern dieser einfachen Wesen trotz alledem bei der Theilung eine grössere Anzahl von Veränderungen vor sich gehen.

Sehr einfache Theilungsprocesse finden auch bei den niedrigsten Amöben statt. Die Schwärmer derselben durchlaufen dann, wenn sie unter sehr günstigen äusseren Bedingungen existiren, ein verhältnissmässig einfaches Leben. Sie wachsen nicht zu ausgebildeten Individuen heran, sondern, nachdem sie eine gewisse Menge von Nahrung aufgenommen haben und bis zu einem gewissen Grade gewachsen sind, beginnen sie damit, sich einfach zu theilen. Der vorher birnförmige Körper, welcher, wie schon erwähnt wurde, an einer Seite ein oder mehrere Flimmerhaare trägt, streckt sich zunächst aus, wird länger, walzenförmig, dann schnürt sich der Leib in der Mitte ein, es entsteht eine biscuitartige Figur. Die Einschnürung wird stärker, die beiden grösseren Hälften rücken weiter auseinander, endlich sind sie nur noch durch einen feinen fadenförmigen Stamm miteinander verbunden, der dann reisst, worauf die Schwärmer selbstständig sind (vergl. Fig. 9, 1).

Aeusserlich betrachtet, sieht das auch wieder sehr einfach aus; werden jedoch die inneren Verhältnisse näher berücksichtigt, so zeigt sich, dass doch vorher eine Reihe von Umformungen in gewissen Theilen des Zellleibes vor sich gegangen waren, ehe derselbe sich zur äusseren Theilung anschickte. Vor allen Dingen machte der Kern, der in diesem Falle allerdings nur ein kleines, unscheinbares Gebilde darstellte, einige Umformungen durch. Derselbe hatte sich ähnlich, wie später das ganze Individuum, lang gestreckt und war dann in zwei Theile zerfallen. Die beiden Kerntheilungsstücke rücken schnell auseinander, und erst wenn dies erfolgt ist, werden die übrigen

Schichten des Körpers ebenfalls mit in die Theilung hineingezogen, sie gruppiren sich wieder um die Kerne als ihre Centren herum und dann erst erfolgt eine vollkommene Zweitheilung. Die ausgewachsenen Amöben machen es zu gewissen Zeiten ganz gerade so, in ihnen theilt sich zunächst auch der Kern, und wenn derselbe sich in zwei Hälften getheilt hat, dann erst fängt die umliegende Zellmasse an, ebenfalls dieser Trennung zu folgen, worauf schliesslich zwei neue Individuen aus dem ursprünglichen hervorgehen. Dabei kommt es öfter vor, dass die Theilung keine vollkommen durchgehende ist, sondern dass sich zunächst nur der Kern in zwei Stücke sondert. Diese neuen Kernstücke rücken auseinander, das nächstliegende Plasma gruppirt sich auch um dieselben herum, aber die äusseren Schichten gehen nicht in die vollkommene Theilung ein, sondern bleiben mit dem Kern verbunden. Es bilden sich zwei Kernindividuen innerhalb einer gemeinsamen äusseren Masse. In einzelnen Fällen sollen sich zahlreiche Kerne so nebeneinander bilden, dann geht der Process der definitiven Theilung in einzelne Zellindividuen erst wieder verhältnissmässig spät vor sich. Es kann auch hier gleich von diesen niederen Formen eine Art der Theilung erwähnt werden, welche sowohl in niederen Pflanzenzellen als auch in höheren Thierzellen öfter vorkommt und unter verschiedenen Bezeichnungen bekannt ist. Zu gewissen Zeiten rundet sich der Körper der Amöben ab, er umgiebt sich äusserlich mit einer festen Haut und unter dieser gehen dann eine Reihe von Umwandlungen vor sich, welche zur Bildung von einem Zellcomplex führen. Die einzelnen Zellen desselben bleiben längere Zeit nebeneinander bestehen und zerfallen erst verhältnissmässig spät. Anfänglich ist es auch wieder der Kern, welcher jene Veränderungen erleidet; derselbe theilt sich wiederholt auf ziemlich complicirte Weise in mehrere Stücke. Die einzelnen Stücke rücken dann nach und nach an die Oberfläche und vertheilen sich gleichmässig über dieselbe, theilen sich auch an der Oberfläche noch weiter, so dass endlich eine kugelschalenartige Masse entsteht, die sich von einem Centraltheil der vollkommen kugeligen Amöbencysten abtrennt. An-

Fig. 14. Eine Amöbe in zwei aufeinanderfolgenden Stadien der Kerntheilung. Im linken Stadium ist der Kern k biscuitförmig ausgezogen und zeigt in der Mitte feine Streifen. In der rechten Figur sind aus dem ursprünglich einfachen Kerne zwei entstanden, welche von einander abrücken.

fänglich scheint es, als ob die äusseren Kerntheilungsstücke für sich gesondert bestehen blieben und in einer gemeinsamen Grundmasse eingelagert wären. Nach und nach tritt bei denselben eine Trennung ein, indem sich ein jedes Kernstück mit einer eigenen Plasmahülle umgiebt und so eine gewisse Selbstständigkeit verräth. Diese Selbstständigkeit tritt schärfer und schärfer hervor, bis endlich innerhalb der ursprünglichen einfachen Zelle eine grosse Anzahl nebeneinander liegender isolirter kleiner Zellen anzutreffen sind. Es sind dies die Schwärmer der Amöben. Sie bleiben noch einige Zeit in der gemeinsamen Membran liegen, dann wird die letztere an einem Punkte durchbrochen und nun tritt der Inhalt nach aussen hervor, frei in das umgebende Medium in das Wasser hinein. Ein jeder Schwärmer gleicht dann den oben geschilderten. Er besitzt am vorderen Körperende ein paar Wimpern, durch deren Schwingungen er sich energisch hin und her bewegt. Im Uebrigen repräsentirt aber der Körper desselben eine vollkommen ausgebildete Zelle. Allerdings ist der Körper der Schwärmer sehr klein und unter Umständen sehr wenig sichtbar (vergl. Figuren 5, 35). Diese Zelle verhält sich genau so wie ein ausgebildetes Lebewesen; sie nimmt Nahrung auf und wächst dabei nach und nach heran. Hat sie ein grösseres Volumen erreicht, so kann sie sich entweder, wie es oben geschildert wurde, in zwei Theile theilen, oder es tritt keine sofortige Theilung ein, wohl aber eine äussere Veränderung. Die Wimperhaare werden eingezogen, der Körper rundet sich etwas ab, die

Fig. 15. Formzustände einer Amöbe I. Freies Stadium; k Kern, n assimilirendes Plasma, n' Nahrungsplasma, v Vacuole, b Scheinfüsschen. II. Abgerundete Ruhecyste. III. Cyste im Durchschnitt gesehen, peripher liegt das Plasma, welches sich um die Kernstücke zu Schwärmsporen zusammenballt. IV. Dieselbe Cyste in der Aufsicht, so dass man die nebeneinander liegenden Schwärmsporen sieht. V. Junger, eben ausgeschlüpfter Schwärmer. VI. Ein solcher etwas gewachsen. VII. Ein Schwärmer mit zwei Wimperhaaren (Cilien). VIII. Schwärmer, der sich abrundet und periphere Nahrungsballen bildet. IX. Schwärmer, welcher zu einer freien Amöbe wird. (Vergrösserung ca. 1000 fach.)

aufgespeicherten Nahrungsmaterialien werden schnell verdaut, die einzelnen Plasmamassen legen sich schichtenweis umeinander an, dann erstreckt sich plötzlich die äussere Schicht mit breiten Fortsätzen nach aussen, sie bildet Scheinfüsschen (Pseudopodien), wie solche oben für die freien Amöben beschrieben wurden. Durch die Pseudopodien bewegt sich dann das gesammte Individuum fort und führt nun ein kriechendes Dasein, im Gegensatz zu dem vorher frei schwärmenden.

In ganz gleicher Weise, wie sich die Amöbenschwärmer bilden, bilden sich auch innerhalb höherer Zellen neue Zellabkömmlinge. Besonders sind es die männlichen Keimzellen, die Saamenmutterzellen, welche einen ganz ähnlichen Zerfall erfahren, wie dies eben geschildert wurde. Das Resultat dieses Zerfalles ist ebenfalls die Bildung von schwärmerartigen Zelltheilen, die aber in diesem Falle als Saamenthierchen oder Saamenzellen bezeichnet werden. Sie gleichen den eben besprochenen Schwärmern der Amöben zum Theil ausserordentlich, es lässt sich an ihnen auch ein grösserer Körper unterscheiden, welcher an einem Pole in einen Schwanz ausläuft, vermittelst dessen dann die Bewegungen eingeleitet werden; der Körper besteht aber zum grössten Theil aus Kernsubstanz.

Fig. 16. Einfache Kerntheilung, die Zellsubstanz ist nicht gezeichnet. I u. II langgestreckter u. gebogener Kern. III In der Mitte tritt eine Streifung auf, die bei IV, V, VI immer deutlicher wird; in VIII sind die Kernstücke auseinander gerückt u. die zarte Streifung zwischen ihnen eben noch sichtbar.

In den Zellen, welche zu Geweben zusammengetreten sind, verlaufen zum Theil ganz ähnliche Theilungsvorgänge, wie die zuerst hier geschilderten einfachen; besonders sind es die Zellen in geschlossenen Geweben, welche, wenn aus ihnen zwei neue gleichartige Zellstücke hervorgehen sollen, einfache Vermehrung aufweisen. In allen Fällen scheint es auch der Kern zu sein, von dem aus die Vermehrung eingeleitet wird. Er zieht sich lang aus, dann schnürt er sich in der Mitte ab. Die beiden Kerntheilungsstücke rücken auseinander, es gruppirt sich das Plasma in gleichartigen Schichten um dieselben herum und schliesslich tritt dann eine Trennung der beiden Zellen dadurch ein, dass sich zwischen die entstehenden neuen Plasmamassen eine Zellhaut einschaltet. Die Bildung der Zellhaut geht oft äusserst schnell vor sich, bei Pflanzenzellen entsteht sie fast momentan, nachdem die beiden vorher neu entstandenen Kerne oft weit auseinander gerückt sind. Es ist selbstverständlich,

dass die Zellmembranen beim Wachsthum der Zellen selbst ebenfalls mit wachsen und das Wachsthum erst beendet ist, wenn das der gesammten Zelle aufgehört hat. Dann tritt auch meist eine Structuränderung des Zellinhaltes ein. Zellen mit beschränktem Wachsthum der Membranen sind beispielsweise die Holzzellen. Der eigenthümliche Zellleib derselben ist, nachdem er eine gewisse Grösse erlangt hat, zu Grunde gegangen, verödet und aufgesaugt oder resorbirt worden.

Man kann die eben erwähnte Theilung der Zellen als die einfache oder directe bezeichnen und ihr eine andere gegenüberstellen, bei der äusserlich schon eine grosse Reihe von typischen Veränderungen sichtbar sind. Es wurde diese Zelltheilung daher als die indirecte oder auch als die complicirte von der ersteren gesondert. Wir werden jetzt einige Beispiele solcher genauer betrachten; sie geht ohne scharfe Grenzen in die oben geschilderte einfache über.

Besonders hat man in neuerer Zeit der indirecten Kerntheilung grössere Aufmerksamkeit geschenkt, weil die Veränderungen, welche die sichtbar zu machenden Bestandtheile des Kernes bei derselben erfahren, sehr eigenthümlicher Art sind. Es wurde schon Seite 32 erwähnt, dass in der Zellsubstanz Körper auftreten, welche die Eigenschaft besitzen, Farbstoffe in grösseren Mengen in sich abzulagern. Diese Körper kommen, wie auch schon angeführt wurde, in ganz bestimmten Gruppirungen im Zellleib vor. Besonders ist der Kern dadurch ausgezeichnet, dass in ihm diese Substanzen oft am regelmässigsten ausgebildet sind. Es ist nun selbstverständlich, dass bei einer Theilung der gesammten Zelle auch Theilung des färbbaren Inhalts erfolgen muss. Zunächst gehen in der Zelle eigenthümliche Umlagerungen der sich färbenden Substanzen, des Chromatins, vor sich. Dasselbe tritt vielfach in Form von Bändern zusammen, welche mehr oder minder eine regelmässige Lagerung annehmen, während sie vorher in verhältnissmässig wirren Zügen durcheinander lagen. Die weiteren Veränderungen, welche nun die Bänder durchlaufen, lassen leicht auf die Veränderungen, welche in der Zellsubstanz überhaupt vor sich gehen, zurückschliessen. Es muss dabei der Kern bis zu einem gewissen Grade isolirt betrachtet werden und erst im Anschluss an die Vorgänge, welche sich in ihm abspielen, können diejenigen Berücksichtigung erfahren, welche in der Zellsubstanz verlaufen. Wird der gesammte Process der Kern- und Zelltheilung verfolgt, so hat es im Grossen und Ganzen den Anschein, als ob

verschiedene Stoffe, welche nebeneinander in Lösung vorhanden sind, plötzlich das Bestreben hätten, aus dieser Lösung auszutreten und sich selbständig zu machen. Es kommen Strömungen ganz eigener Art im Plasma zu Stande. Eine Folge dieser Strömungen ist selbstverständlich auch eine Bewegung der sichtbar zu machenden Theile. Diese Bewegungen gehen, wie es alle neueren Untersuchungen bestätigen, in ziemlich gesetzmässiger Weise vor, so dass nach ihnen Schlüsse auf die Bewegungen in der hellen, nicht sichtbar zu machenden Kern- und Zellsubstanz gezogen werden können. Nachdem sich die färbbaren Massen in regelmässigen Bändern im Kern zusammengelagert haben, tritt eine Sonderung derselben insofern ein, als sie sich um zwei Pole gruppiren (vergl. Figg. 17, 18). Es bilden sich z. B. einige kürzere Schleifen, die anfänglich noch keine bestimmte, allgemeine Richtung in ihrer Lagerung zeigen, die sich bald aber

Fig. 17. Complicirte Zelltheilung, etwas schematisirt. I Zelle mit Kern, in welchem die färbbare Substanz in unregelmässigen Fäden angeordnet ist. II Die Kerngrenzen sind verschwunden, die Fäden ordnen sich. III Die Kernpolcentren c sind schon auseinander gerückt und die Fäden lagern sich ihnen gemäss um. IV Die Fäden ziehen gegen die Kernpolcentren hin. V Die Kerntheilung ist zu Ende, die Fäden lagern sich um und die Plasmamassen der Zellsubstanz gruppiren sich um die entstandenen Kernstücke. VI Die Anordnung der Fäden aus Fig. IV von der Spitze aus gesehen.

regelmässiger untereinander anordnen und zwar so, dass eine jede Schleife oder ein jedes Band V- oder U- förmig erscheint. Es entsteht ein Winkel, der von zwei, häufig ungleich langen, Schenkeln begrenzt wird. Bei den weiteren Vorgängen im Plasma legen sich nun die Schlingen eines jeden Polstückes so gegeneinander, dass ihre offenen Seiten nach dem Mittelpunkt des Kernes zu gerichtet, sind (Fig. 17 III u. IV), während sich die Spitzen der Winkel einer jeden Hälfte nebeneinander legen. Die Verhältnisse werden am deutlichsten aus der nebenstehenden Figur ersichtlich, denn dieselbe zeigt auch gleichzeitig, dass neben diesen sofort in die Augen springenden, korbartig angeordneten Schlingen auch noch andere Theile auftreten, welche mit der auffälligen Bildung der Schlingen in einem

gewissen Zusammenhange stehen. Wird nämlich das helle Plasma auf seine Verhältnisse hin geprüft, so lässt sich an demselben constatiren, dass es sich um zwei Pole gruppirt zeigt und zwar sind diese Pole stets derartig gelagert, dass sie die Mittelpunkte für die Bewegungen der Schlingen abgeben. Zunächst liegen sie zwischen den einzelnen Chromatinfäden, allmählich rücken sie aber auseinander und im letzten Stadium liegen sie an den entgegengesetzten Enden des Kernes und zwar in der Spitze jeder Figur, welche dadurch gebildet wird, dass man die Enden der einzelnen Schlingen oder Schleifen verlängert. Das helle Plasma beobachtet sich leicht, wenn man gute Systeme anwendet, weil in ihm stets eine Anzahl von feinsten Körnchen vorhanden sind, welche bei seinen Bewegungen zum Theil mitgerissen werden und ihm ein strahliges Aussehen verleihen. Es ist ganz deutlich zu constatiren, dass die Strahlen, welche von den beiden Kernpolcentren, wie man sie nennen kann, ausgehen, zwischen den Schenkeln der chromatischen Substanz verlaufen. Werden auf diese Verhältnisse die Gesetze der Mechanik angewandt, besonders jene, die sich auf die Vertheilung fester kleiner Theilchen auf schwingenden Platten oder in fliessenden Massen beziehen, so lässt sich ohne Mühe constatiren, dass die färbbaren Bestandtheile der Zellen genau dem Gesetze gefolgt sind, nach welchem die festen Körnchen auf schwingenden Platten ebenfalls regelmässige Anordnung erfahren. Von den letzteren ist bekannt, dass sie dort zur Abscheidung gelangen, wo auf der Platte Ruhestellen vorhanden sind. Dem Physiker sind diese Umlagerungen als Klangfiguren, dem Mineralogen als Fluctuationserscheinungen bekannt. Ohne grosse Mühe lassen sich besonders bei den Klangfiguren solche erzeugen, welche den Chromatinbändern gleichen, die innerhalb des Plasmas entstehen. Es liegt nun nicht ein Grund gegen die Annahme einer solchen Erklärungsweise der Bildung dieser Figuren vor und deshalb darf diese Erklärung wohl vorläufig als gültig angesehen werden. Sie wird so lange ihre Gültigkeit besitzen, bis durch das exacte Experiment oder durch die directe Beobachtung nachgewiesen wird, dass die färbbaren Figuren auf andere Weise entstehen und andere Zwecke besitzen. Bis jetzt hat man über das Zustandekommen der Figuren

Fig. 18. Kern mit verschieden gruppirten färbbaren Fäden im Umkreis der beiden strahlig zu Tage tretenden Centren der neuen Kerne.

nur eine Reihe von Hypothesen aufgestellt, welche zum Theil gar nichts erklären, zum Theil sogar höchst willkürlich sind und durch keine directen Beweise gestützt werden können.

Die übrige Zellsubstanz folgt später den auseinander rückenden Kernen im Grossen und Ganzen sehr einfach nach. Sobald die Kerne eine spindelförmige Gestalt annehmen und sich dann in ziemlich complicirter Weise trennen, rückt die Zellsubstanz direct um die neu entstehenden Kerntheilungsstücke herum, schnürt sich mit diesen ab, um dann je mit einem neuen Kern eine neue Zelle zu bilden. Es ist interessant, zu verfolgen, wie diese complicirten Vorgänge trotz alledem allmählich in die einfacheren übergehen. Bei einer grossen Anzahl von Zellen findet sich auch färbbare Substanz. Dieselbe wird ebenfalls zu Bändern und Streifen zusammengeballt. Die Streifen rücken aber nicht in so charakteristischer Weise auseinander, wie es eben beschrieben worden ist, sondern sie folgen den sich auseinanderziehenden Kernhälften mechanisch, gleich wie Fremdkörper, welche in einer zähen Masse eingebettet sind, dieser ohne Weiteres streifig folgen, wenn die Masse auseinander gezogen wird. Es ist bemerkenswerth, dass, je complicirter die Trennung verläuft, auch die Functionen, welche die beiden neu entstehenden Kerne haben, vielfach um so verschiedener von einander sind. Am auffälligsten zeigt dies die Eizelle bei ihrer ersten Theilung. Es ist einerlei, ob wir eine pflanzliche Keimzelle oder eine thierische Keimzelle nehmen. Sowie sich dieselbe zum ersten Male theilt, d. h. sowie aus der ursprünglich einfachen Zelle ein Doppelindividuum entsteht, lässt sich auch nachweisen, dass die neu entstehenden Theilstücke verschiedene Functionen haben. Besonders von den thierischen Eizellen ist es direct nachgewiesen worden, dass aus diesen Theilungsstücken ganz verschiedene Gewebe und Organe abstammen, während beispielsweise das eine Theilungsstück die äussere Haut, das Nervensystem und einen Theil der Sinnesorgane liefert, lässt das zweite aus sich einen grossen Theil des Darmapparates hervorgehen. Es entstehen also hier aus den beiden primitiven Zellen Gewebe und Theile des Körpers, welche vollkommen von einander zu trennen sind. Daher sind wir auch zu der Annahme gezwungen, dass schon bei der ersten Theilung innerhalb der Zellen grosse Unterschiede vorhanden sein müssen. Diese Unterschiede lassen sich allerdings nicht immer durch das Mikroskop direct feststellen, in vielen Fällen gelingt aber auch dies und dann sind die Theilstücke äusserlich durch eine sehr verschieden-

artige Structur der beiden neuen Zellen markirt. Bei der Theilung eines Eies durchläuft aber in vielen Fällen nicht allein der Kern eine complicirte Theilung, sondern es gehen auch gleichzeitig in dem übrigen Plasma eigenthümliche Umwandlungen vor sich, die ganz charakteristisch sind und auch einigen Aufschluss über die Mechanik der Theilung gewähren. Der Kern theilt sich ungefähr ähnlich, wie es oben für die complicirte Zelltheilung beschrieben worden ist. Aber schon ehe diese Theilung vor sich geht, durchsetzt das dem Kern aufgelagerte assimilirende Plasma die Dotterbestandtheile mit sehr feinen Strahlen, es

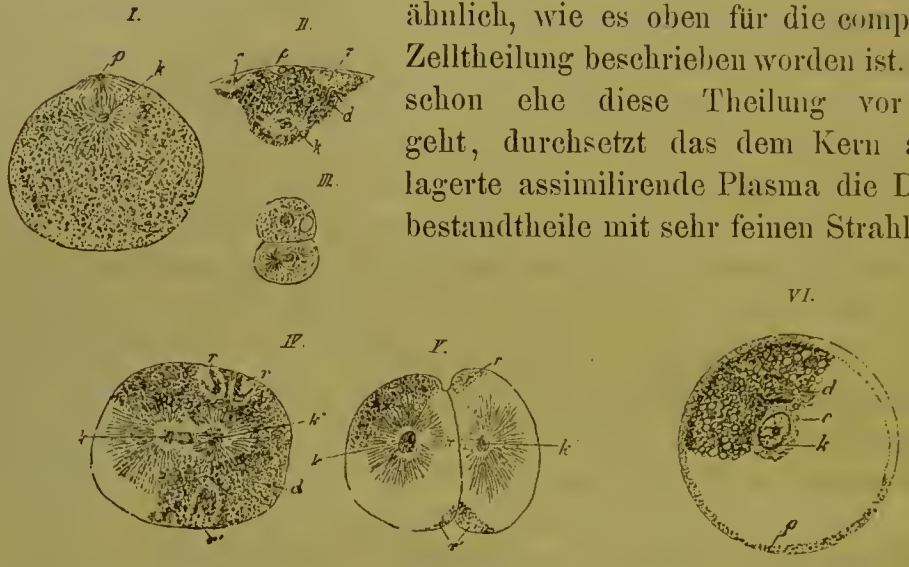


Fig. 19. Furchung des Eies einer kleinen Egelart (Clepsine). Vergrösserung 30 fach. I Ausstossung des Richtungskörperchens; k Kern mit strahligem Plasma, p Richtungskörperchen. II Theil der Eioberfläche im Durchschnitt; k Kern, d Dotter, p Richtungskörperchen, um diese hat sich das periphere helle Plasma ringförmig zusammengezogen; r r Ring im Durchschnitt. IV Ei im Beginn der Kerntheilung im Durchschnitt; k Kernstück, welches später in die Darmzellen hineingeht, k′ Stück, welches in die äussere Schicht geht, zu letzterem zieht auch die Ringsubstanz r r r′ grössten Theils hin, links ist der Dotter nicht ausgezeichnet, um die Strahlenbildung der assimilirenden Schicht deutlich zeigen zu können. V Ei nach der Furchung im Durchschnitt, der Dotter ist nur links oben gezeichnet, r u. r′ ist das helle Plasma der Ringe, welches sich jetzt wieder ausbreitet. VI reifes Ei im Durchschnitt, nur oben links sind die Dottermassen gezeichnet; k Kern, c assimilirende Schicht, d fettreicher, körniger Dotter. p periphere, helle, feinkörnige Zone. — III Ei nach der ersten Theilung schwächer vergrössert, die untere Zelle theilt sich gerade wieder in zwei neue.

breitet sich allseitig strahlig in dem Dotter aus und dadurch gewinnt die dem Kern zunächst liegende Schicht ein radiär gestreiftes Aussehen. Von dem Kern werden nun, bevor er sich zur Theilung anschickt, noch Stoffe nach aussen ausgeschieden und zwar geht diese Ausscheidung in ganz ähnlicher Weise vor sich, wie die Theilung eines Kernes; es rückt der Kern an die Oberfläche des Eies heran, zieht sich lang spindelförmig aus, zerfällt dabei in zwei Theile, in einen grösseren, mehr nach innen gelegenen Theil, welcher später in der Eizelle

zurückbleibt, und in einen kleineren Theil, der nun langsam an die Oberfläche des Eies herangezogen wird, endlich aus dem Ei hinausritt und in Gestalt eines kleinen, rundlichen Körpers auf der Eimasse herumschwimmt. Dies Körperchen wird als Polkörperchen oder als Richtungsbläschen bezeichnet. Bei vielen Eiern werden zwei solche ausgestossen.*) Ist die Ausscheidung erfolgt, dann rückt der Kern der Eizelle wieder nach innen und nun beginnt der weitere Process der Theilung desselben und des gesammten Eies. Dabei sind aber mehrere Verhältnisse genauer zu berücksichtigen. Bekanntlich sind die Keimzellen der meisten Thiere und Pflanzen nicht im Stande, ohne Weiteres aus sich neue Individuen hervorgehen zu lassen, sondern sie müssen erst mit anderen Zellen eines zweiten Individuums verschmelzen und zwar sind es zwei vollkommen voneinander verschiedene Zellen, welche diese Verschmelzung eingehen; einmal die weiblichen Keimzellen, die Eier, und das andere Mal die männlichen Keimzellen, die Saamenelemente des Thieres oder der Pollen, wie er bei den Pflanzen genannt wird. Den Process dieser Verschmelzung hat die Wissenschaft mit dem Ausdruck Befruchtung bezeichnet. Da er für das Zellleben und für die Entwicklung der Individuen von höchster Bedeutung ist, mag er hier in einem besonderen Kapitel Berücksichtigung erfahren.

Befruchtung.

Um die jetzt zu besprechenden complicirten Vorgänge genau verstehen zu können, ist es nöthig, dass einige Bemerkungen über Bildung der männlichen und weiblichen Producte vorausgeschickt werden; eine ausführliche Schilderung der männlichen und weiblichen Keimzellen folgt in späteren Kapiteln nach. Es ist schon an verschiedenen Stellen bemerkt worden, dass die beiderlei Keimproducte den Charakter von Zellen tragen oder aus Zellen hervorgegangen sind. Für die Eizellen ist der Ursprung aus einer einfachen Zelle verhältnissmässig leicht nachzuweisen, viel schwieriger ist der Nachweis für die Saamenelemente zu führen.

Im Allgemeinen entstehen die Eizellen aus bestimmten Schichten, welche man als Keimschichten bezeichnet hat. In vielen Fällen liegen diese Keimschichten in besonderen Organen; sie führen dann die Bezeichnung Eierstöcke.

*) Verfasser hält die Richtungskörper oder Polkörperchen für ausgeschiedene Exeretionsstoffe der Eizelle.

Die männlichen Keimproducte werden andrerseits ebenfalls in besonderen Organen zur Entwicklung gebracht. Diese stellen Röhren oder Röhrensysteme dar. Sie führen die Bezeichnung Hoden.

Bei den Pflanzen entsprechen den Eierstöcken die Archegonien oder die Eier bilden sich zum Theil auch in besonderen Keimschichten, den sogenannten Fruchtknoten, wo sie in Gestalt länglicher, modificirter Zellen auftreten. Andrerseits werden die männlichen Keimproducte der Pflanzen ebenfalls wieder in besonderen Apparaten erzeugt. Die Gewebe, aus denen sie bei den niederen Pflanzen hervorgehen, bei den Moosen, Farren u. s. w., heissen Antheridien. Bei den höheren Pflanzen gehen sie aus Zellen der Staubbeutel hervor. Sie sind in den verschiedenen Classen ganz verschieden gebaut. Bei den Pflanzen kann man die Blüthen als die eigentlichen Geschlechtsindividuen ansehen, denn eine jede Blüte stellt unter Umständen ein Individuum für sich dar, innerhalb dessen weibliche Keime, die Eizellen im Fruchtknoten und männliche Keime, die Pollenkörner im Staubbeutel, gebildet werden.

Trotz vieler Unterschiede im Wachsthum und in der Entwicklung finden sich aber auch eine grosse Reihe von Uebereinstimmungen zwischen den Keimen der Pflanzen und Thiere. Besonders bieten die niedern Thiere in dieser Hinsicht vieles Gemeinsame mit niedern Pflanzen. Was allerdings den Vorgang der Befruchtung selbst anlangt, so geht er bei Thieren gleichmässiger, bei Pflanzen in verschiedenen Fällen sehr verschieden vor sich, wenn auch immer das zu erstrebende Resultat das gleiche ist, nämlich eine Mischung männlicher und weiblicher Keimproducte. Da die Verhältnisse bei den Thieren am einfachsten liegen, so wird es gut sein, wenn zunächst die Bildung der Keimstoffe des Thieres besprochen werden und daran kurz die Entstehung der Pflanzenkeime angeschlossen wird.

Die niedrigsten Thierformen, die Infusorien, lassen sich nicht als getrennt geschlechtlich auffassen. Die einzelnen Individuen sind gleichwerthig, sie haben auch sämmtlich nur den Charakter einer Zelle, aber schon in der folgenden Gruppe, bei den Cölenteraten, zu denen die Korallen und Quallen gehören, können männliche und weibliche Individuen unterschieden werden oder es sind die männlichen und weiblichen Keimstoffe in demselben Individuum entwickelt.

Als einfachstes typisches Beispiel für die Entwicklung der Geschlechtsapparate innerhalb einer Schicht kann die in unserem Süsswasser lebende Hydra gelten. Es sind das, wie die beistehende

Figur zeigt, kleine Thierchen, die zum Theil pflanzengrün gefärbt sind oder ein bräunliches bis röthliches Aeusseres besitzen. Ihr Körper ist lang ausstreckbar, sackförmig und trägt am vorderen Pole eine Mundöffnung mit einer Anzahl lang ausstreckbarer Fangfäden im Umkreis derselben. Untersucht man den Körper auf seinen feineren Bau hin, so erweist er sich, wie es die Figur ebenfalls zeigt, als aus zwei Zellschichten bestehend, aufgebaut, einer äusseren und einer inneren. Die äussere Zellschicht setzt sich aus, allerdings verschieden geformten, einzelnen Zellen zusammen; es treten nämlich schon sehr bald in den einzelnen Zellindividuen Arbeitstheilungen ein und in Folge dessen erlangen sie einen verschiedenen Bau. Dort nun, wo die Tentakeln ansitzen, also an dem vorderen Körperpol, differenziren sich die Zellen der äusseren Schicht oft sehr weitgehend; es bilden sich aus ihnen ganz verschiedene Gebilde, die man zum Theil als Keimproducte, als Ei- und Saamenzellen kennen lernte. Es geht hier die Bildung der Eizellen dadurch vor sich, dass eine der äusseren Körperzellen beträchtlich heranwächst, während die in ihrem Umkreis liegenden dieselben wulstartig umgeben und ihr die nöthige Nahrung zuführen. Bei den Saamenzellen ist es ähnlich, aber diejenigen Zellen, welche die Saamenzelle liefern, bleiben nicht wie die Eizelle zunächst einfach, sondern ihre Kerne theilen sich wiederholt und dadurch zerfällt nach und nach der gesammte Inhalt in eine grosse Menge von einzelnen Theilchen, ganz ähnlich, wie wir dies von der Vermehrung der Amöben durch Sporen schon geschildert haben. Diese einzelnen Theilchen gleichen in der That auch den Amöbenschwärmern; sie besitzen ein Köpfchen und einen Schwanz, es sind dies bei dem Polypen die Saamenzellen, die Spermatozoen. Je höher nun eine Thierform steht, um so mehr localisiren sich die Stellen, wo die Keimproducte ausgebildet werden. Schliesslich treten dann meist im Innern des Körpers die

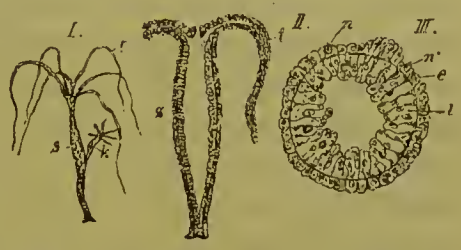


Fig. 20. Süsswasser-Polyp *(Hydra viridis)* (3 Mal vergrössert). s Schlauchförmiger Körper, aus dem eine Knospe k heraussprosst, die später zu einem neuen Individuum wird, t Faugarme (Tentakeln); II Durchschnitt durch den Körper und einen Faugarm, in den inneren Hohlraum führt oben eine einfache Mundöffnung; III Querschnitt, stärker vergrössert, e äussere Zelllage, i innere, n u. n′ Nesselzellen; zwischen n uud n′ sind die äusseren Zellen wulstartig vorgetrieben, es ist dies die Anlage der Geschlechtszellen.

Keimschichten schlauchförmig auf und zwar in Form gesonderter Organe.

Wie schon erwähnt wurde, entwickeln sich die Eier in den Eierstöcken. Anfänglich hat eine jede Eizelle auch nur den Bau einer einfachen Zelle und zwar den jener Zellen, welche den gesammten Eierstock in einer einschichtigen Lage überziehen (Eierstocksepithel). Von dieser einschichtigen Lage entwickeln sich nun einzelne Zellen weiter. Entweder bleiben sie an Ort und Stelle liegen oder sie senken sich in das innere Gewebe des Eierstocks ein, die umliegenden Zellen werden zu ihrem Dienst herangezogen, sie vermehren sich meist sehr energisch und umhüllen die primitiven Eizellen mantelartig und führen ihnen im Laufe der Zeit eine beträchtliche Menge Nahrung zu, zum Theil zerfallen sie auch selbst und werden als Ganzes von der Eizelle einfach aufgenommen. So lange das Ei im Eierstocke bleibt, ist es stets auf das Schema einer Zelle zurückzuführen. Zu gewissen Zeiten löst es sich los, tritt dann aus dem Verband der übrigen Zellen heraus und wird nun selbstständig. Welche Veränderungen hierauf mit ihm vorgehen, das wird weiter unten zu besprechen sein.

Im männlichen Organ ist es ganz ähnlich, hier haben sich nur die primitiven Keimzellen entweder in Gestalt von Säckchen oder in Gestalt von Röhrchen oder Kanälen aneinander gelagert; ihr Inneres zerfällt zum grössten Theil, sowie die Amöben in Sporen zerfallen. Es geht in der sogenannten Saamenmutterzelle der Process der Kerntheilung sehr energisch vor sich; es bildet sich eine grosse Anzahl von Kerntheilungsstücken. Dieselben rücken an die Peripherie der Zelle, sie bekommen aus dem Plasma der Zelle einen Schwanztheil und ist dieser gebildet, so wird die Zellhaut durchbrochen und der Saame tritt frei nach aussen hervor. Es liefert eine jede Zelle eine grössere Menge einzelner Saamenelemente, die als Spermatozoen, also fälschlich als Saamenthierchen bezeichnet werden. Dieselben wurden schon sehr frühzeitig entdeckt und zwar in Holland von einem jungen Arzt, einem Schüler Leeuwenhoecks. Er sah ihre Bewegungen und hielt die Saamenelemente, da die Bewegungen in der That sehr energisch sind, für Thiere und gab ihnen daher auch den Namen. Dieselben wurden dann von Leeuwenhoeck (im Jahre 1690) weiter untersucht und beschrieben.

Bei den Pflanzen sind die Verhältnisse zum Theil gleichartig; hier entstehen bei den niedrigen, wenigzelligen männliche und weib-

liche Keime nebeneinander in bestimmten Zellen. Die weiblichen Keime werden auch als Eier oder Oosporen bezeichnet.

Bei den höheren Pflanzen entwickelt sich die Eizelle in dem sogenannten Embryosack. Es ist das ein Gebilde, welches dazu bestimmt ist, die Eizelle zu ernähren und ihre erste Weiterentwicklung zu ermöglichen. Auch hier finden sich Zellen, welche dem Eie Stoffe zuführen, ähnlich wie dies von den ernährenden Zellen in den Eierstöcken der Thiere berichtet wurde. Der Embryosack stellt sich als langgestrecktes, oft mehrere Millimeter langes Bläschen dar, in welchem an einem Pole neben einigen anderen Zellen auch die Eizelle liegt. Das ganze Bläschen wird ausserdem noch von mehreren Hüllen umgeben, die nach oben zu einen kleinen Kanal (Mikropyle) offen lassen, durch welchen bei der Befruchtung die männlichen Elemente hindurch treten müssen.

Die männlichen Theile sind bei den Pflanzen wesentlich anders als bei dem Thiere beschaffen. Bei jenen niedrigen, im Wasser vorkommenden Algen u. s. w. lassen sich noch allenfalls Uebereinstimmungen mit männlichen Keimstoffen der Thiere constatiren. Bei den höheren werden aber innerhalb der Staubbeutel die Pollenkörner erzeugt, welche eine ziemlich complicirte Zusammensetzung, oft aus mehreren Zellen, haben. In der Regel besitzen die Pollen äusserlich eine festere Membran, welche sehr zierlich gebaut sein kann. Im Innern liegt dann die Zellmasse. Der Charakter der Pflanze bedingt es nun, dass die Uebertragung des Pollens auf die weiblichen Apparate in wesentlich anderer Weise vor sich geht, als dies bei dem Saamen und Ei der Thiere der Fall ist. Die Pollenkörner werden in vielen Fällen entweder durch die Luft oder durch Insekten u. s. w. mit den weiblichen Blüthen anderer Pflanzen in Berührung gebracht und gehen hier, wie noch weiter unten gezeigt werden muss, eine Reihe von bedeutenden Veränderungen ein, bevor die Befruchtung vollzogen werden kann.

Bei dem Thiere geht die Befruchtung des Eies in verschiedener Weise vor sich; entweder werden die Eier frei nach aussen abgelegt, oder sie werden im Innern des Körpers befruchtet. Die Eier sind diesen Verhältnissen entsprechend gar verschieden gebaut; entweder sind sie nur von einer zarten Membran umgeben oder die Eihaut ist eine festere. Tritt das letztere ein, so müssen selbstverständlich Apparate in der Haut vorhanden sein, welche den Durchtritt der kleinen Saamenelemente gestatten. So finden wir bei vielen Mol-

lusken- und Insekteneiern, dass die Eihaut ein feines Röhrensystem trägt, welches von aussen nach innen führt, meist nur an einem Pole entwickelt ist. Dies Röhrensystem wird als Mikropylapparat bezeichnet.

Sowie nun ein Saamenelement mit dem eigentlichen lebenden Inhalt der Eizelle in Berührung tritt, dringt es in denselben ein und dann durchläuft es eine Reihe von Veränderungen, welche ganz charakteristisch sind. Sobald es eingedrungen ist, macht der Kern der Eizelle ebenfalls einige auffällige Umwandlungen durch, er verliert seine scharfen Grenzen und rückt langsam nach dem Pole des Eies hin, wo das Saamenelement eingedrungen ist. Auch dieses verliert seine Grenze. Es sammelt sich um dasselbe ein helles Plasma und auf diesem Stadium besitzt das Ei dann gleichsam zwei Kerne. Man hat dieselben auch als den männlichen und den weiblichen Vorkern bezeichnet. Diese beiden Kerne haben nun das Bestreben, miteinander zu verschmelzen, und in verhältnissmässig kurzer Zeit rücken sie auch aufeinander zu, treten zusammen und es findet eine Verschmelzung statt. Jetzt erst, in diesem Augenblicke, ist die Befruchtung vollzogen, die Eizelle besitzt nun wieder einen einzigen Kern und zwar wird dieser jetzt als Furchungskern bezeichnet. Durch den Vorgang der Befruchtung hat dieser Kern die Eigenschaften zweier Individuen in sich aufgenommen. Auf welche Weise dies allerdings geschehen konnte, kann nicht angegeben werden. Die weitere Ausbildung des Eies zeigt aber, dass es der Fall war, denn das sich aus der Eizelle entwickelnde neue Individuum hat in Zukunft sowohl Eigenthümlichkeiten des mütterlichen als auch solche des väterlichen Organismus.

Die Befruchtung der pflanzlichen Eizelle geht zum Theil auf sehr verschiedene Weise, oft erst durch eine ganze Reihe sehr interessanter Nebenerscheinungen vor sich. Bei den niederen Algen vereinigt sich einfach der Inhalt zweier Zellen miteinander, worauf dann die nun entstehende Doppelzelle aus sich ein neues Individuum hervorgehen lässt. Bei anderen Algen ist die Eizelle bedeutend gross, die Saamenzellen sind frei beweglich, wie die thierischen Spermatozoen. Sie suchen auch vermittelst ihrer Beweglichkeit die Eizellen auf, um dann in dieselben einzudringen. Es wurde schon erwähnt, dass hier die Spermatozoen in den Antheridien, die Eier aber in einer Mutterzelle, in dem Oogonium, gebildet werden. Bei den höheren Pflanzen ist die Eizelle zunächst nackt und liegt im

Embryosack. Das Pollenkorn ist rundlich, allseitig geschlossen, entbehrt der freien Beweglichkeit. Um es mit der Eizelle in Verbindung zu bringen, besitzt die Blüthe in ihrem sogenannten weiblichen Theile den Griffel mit der sogenannten Narbe. Letztere erzeugt ein klebriges Secret und steht bekanntlich mit dem Griffel stabförmig in das Blüthenninnere hinein. In der Blüthe sind dann eine Reihe von Nebenapparaten, welche die Befruchtung ermöglichen sollen. In sehr vielen Fällen sind es Insecten, welche den Pollen aus einer anderen Blüthe herüber tragen, und es kommt nun darauf an, diese Pollenkörner, welche an den feinen Härchen der Insecten hängen bleiben, mit der Narbe in Berührung zu bringen. Daher besitzen viele Pflanzenblüthen Apparate, welche dazu dienen, die Insecten anzulocken, und Apparate, welche dazu dienen, die Insecten zurückzuhalten. Als Lockapparate functioniren eine Anzahl von Honig producirenden Geweben, die oft in besonderen Theilen der Blüthen eingeschlossen liegen. Wenn die Insecten zu diesem Theile hin wollen, so müssen sie unbedingt die Narbe streifen. Um dies noch sicherer vor sich gehen zu lassen, sind ausserdem oft innerhalb der Blüthen Haare nach Art eines Fangapparates ausgebildet, welche den Insecten nur eine Bewegung in einer Richtung hin gestatten, so dass sie unbedingt an der Narbe vorbei müssen. Die meisten Pflanzenblüthen sind doppeltgeschlechtlich, d. h. es kommen der Fruchtknoten mit den Eizellen, Griffel und Narbe, daneben aber auch die männlichen Apparate, die Staubgefässe mit den Staubbeuteln und den Pollen vor. Nur bei verhältnissmässig wenig Pflanzen sind die Geschlechter getrennt, so dass die weiblichen Blüthen vollkommen isolirt stehen und andererseits ebenso die männlichen Blüthen isolirt sind. Bei noch weniger Pflanzen sind weibliche und männliche Blüthen auf verschiedene Individuen vertheilt.

Ist es nun den Pollen gelungen, auf die Narben der weiblichen Pflanze zu kommen, so nimmt der Inhalt des Kornes alsbald von der Narbenoberfläche Feuchtigkeit auf. Dadurch schwillt er an und es tritt ein Theil desselben aus der festen Umhüllung des Pollenkornes aus und zwar geschieht dieser Austritt in Gestalt eines langen, zapfenförmigen Körpers, des sogenannten Pollenschlauches. Durch die verschiedenen Feuchtigkeits- und Druckverhältnisse, welche auf der Narbe anzutreffen sind, gelangt der Pollenschlauch in den Kanal, welcher die Narbe durchsetzt, durch den Griffel hindurchgeht und bis zur Eizelle herabreicht. Da das Pollenkorn stets weitere

Feuchtigkeit aufnimmt, so wächst der Pollenschlauch länger und länger, er wächst oft durch den mehrere Centimeter langen Griffelkanal hindurch und kommt zuletzt an der Spitze des Embryosackes an, dringt hier durch die Mikropyle ein und gelangt zur Eizelle, welche bis dahin nackt war. Es tritt nun eine Verschmelzung des Inhalts der Eizelle mit einem Theile des Inhalts des Pollenschlauches ein (wahrscheinlich sind es hier auch Kerntheilungsstücke, welche miteinander verschmelzen); ist dies geschehen, so ist der Act der Befruchtung für die pflanzliche Eizelle vollzogen, dieselbe rundet sich nun ab, umgiebt sich meist mit einer festeren Haut und durchläuft jetzt im Innern des Embryosackes eine Reihe von Umformungen, welche schliesslich zur Entstehung des sogenannten pflanzlichen Embryos überführen.

Auf die Befruchtung tritt in allen Fällen eine mehr oder minder schnelle Umwandlung des Eiinhaltes ein, es finden Processe statt, welche wir als Furchung bezeichnen. Dabei mus aber gleichzeitig bemerkt werden, dass eine grosse Anzahl von Eizellen, besonders thierischer, die Fähigkeit besitzen, unbefruchtet eine Weiterentwicklung durchlaufen zu können und zwar unter ganz ähnlichen Erscheinungen, wie solche am befruchteten Ei sich abspielen. Diese Weiterentwicklung wird dann als die jungfräuliche Entwicklung, Parthenogenesis, bezeichnet.

Bei der Furchung durchläuft auch zunächst der Kern wieder eine Reihe von Umformungen, die zum Theil schon erwähnt wurden. Seine äusseren Grenzen werden weniger deutlich sichtbar. Das assimilirende Plasma in seinem Umkreis durchsetzt mit zahlreichen feinen Radien den Dotter und beginnt in dem letzteren eine grosse Reihe von Veränderungen zu erzeugen, aber auch solche in der Zellsubstanz überhaupt. Bei vielen Eiern (Vogelei) sondert sich die grösste Menge des eigentlichen Dottermaterials an dem einen Eipol, das zu äusserst gelegene Plasma sammelt sich an einem anderen Pole.

Die feinen Strahlen, welche die assimilirende Schicht in den Dotter hineinentsendet, dienen dazu, aus dem Dotter Nahrungsstoffe aufzunehmen, denn es lässt sich nachweisen, dass dann, wenn diese Strahlenbildung am ausgesprochensten ist, ein Theil der im Dotter vorkommenden Substanzen in Lösung gebracht wird und dass gleichzeitig der Kern eine Volumenzunahme erfährt. Der Kern ändert nun nach und nach seine Gestalt, zunächst zieht er sich spindelförmig aus. Dabei bleiben zwischen den beiden Kerntheilungs-

stücken anfänglich Streifen bestehen, welche von zwei Punkten strahlenförmig ausgehen. Diese Streifung ist ein Ausdruck dafür, dass eine Trennung der Kernsubstanzen in zwei verschiedene Theile stattfindet. Dass die Theile in der That verschieden sind, das zeigt sich alsbald nach der ersten Furchung, indem dann, wie auch schon erwähnt wurde, die Kernstücke vollkommen verschiedene Functionen auszuüben haben. Das eine Kernstück bleibt mit der grössten Menge des assimilirenden Plasmas und des Dottermaterials in Verbindung, das andere Kernstück umgiebt sich mit der grössten Menge des peripherisch gelegenen Plasmas. Bei folgenden Theilungen gehen die Differenzirungen noch weiter; es spalten sich nach und nach Zellen ab, welche Gewebe aus sich hervor gehen lassen. Ein Theil der Zellen bleibt an der äusseren Haut, ein anderer Theil bildet beispielsweise das Nervensystem, von wieder anderen wird die Musculatur und das Blut, das Stützgewebe, das Skelet u. s. w. gebildet. Es legen sich all diese eben genannten Theile des Körpers schon verhältnissmässig frühzeitig an, sie lassen sich hinsichtlich ihrer ersten Entwicklung bis in sehr frühe Stadien des Embryonallebens hinein verfolgen.

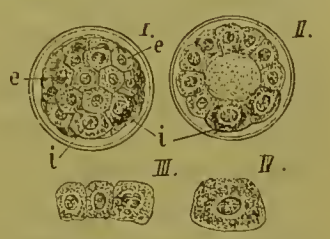


Fig. 21. Schema eines Eies zur Zeit der Bildnng der ersten Zellschicht. I Aufsicht; e Zellen, welche zum späteren Ektoderm werden; i Zellen, die später durch Einwncherung zum Entoderm werden. II Das gleiche Ei im Durchschnitt; III Zellen des Ektoderm. IV Eine solche des Entoderm.

Auch bei der pflanzlichen Eizelle geht der Process der Theilung sehr schnell vor sich. Vielfach zerfällt dieselbe in 2 Abschnitte, in einen oberen und einen unteren. Der obere Theil dient zunächst dazu, eine grössere Quantität Nahrung zu schaffen. Es ist dies die sogenannte Trägerzelle; die untere Hälfte bildet eine selbstständige Zelle, die eigentliche Embryozelle, welche nun im Laufe der Zeit eine Reihe von weiteren Theilungen erfährt und zwar wird sie zunächst durch eine längs gestellte Membran in zwei Zellen getheilt. Diese zwei theilen sich wieder in zwei weitere, dann gehen von den vieren neue Theilungen aus. Diese wenigen Zellen sind bestimmt zur Anlage der Epidermis, der Rinde und des Holzes. Sie werden auch dementsprechend Dermatogen-, Periblem- und Plerömzellen bezeichnet. Bei den Pflanzen finden später noch Uebereinstimmungen in der Entwicklung statt, insofern sich diese drei Schichten in einem jeden jungen Zweige wiederholen. An einem solchen lässt

sich peripherisch die Dermatogenschicht, unter ihr das Periblem und central das Plerom unterscheiden.

Bei dem thierischen Ei bilden sich auch Zellen, die schliesslich zu drei Schichten zusammentreten, von denen wir wisssen, dass aus ihnen ganz verschiedene Organe hervorgehen, die eine dieser Schicht liegt stets zu äusserst, sie wird als Ektoderm bezeichnet, aus ihr bildet sich ein Theil der äusseren Haut, dann das Nervensystem und der Sinnesapparat; die zweite Schicht liegt ganz im Innern, sie bildet sich röhrenförmig aus, umschliesst das Darmrohr und heisst die Innenschicht, Entoderm; aus ihr entwickelt sich die Auskleidung des Darmrohres und weiterhin geht von ihr die Bildung der Darmdrüsen aus. Die dritte Schicht liegt endlich zwischen diesen beiden, sie wird als mittlere oder Mesodermschicht bezeichnet. Von ihr nimmt die Musculatur, das Blut, das Bindegewebe, Knochen und Knorpel den Ursprung.

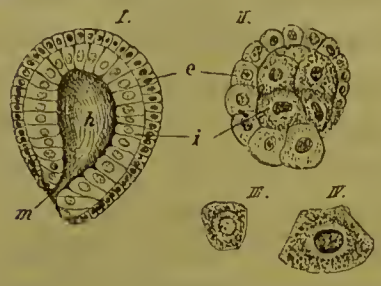


Fig. 22. I Eingestülpte ursprüngliche Zellschichten eines Eies im Durchschnitt; e Ektoderm, i Entoderm, h primitive Darmhöhle, m Urmund. II Die Zellschichten im Ei einer Blattlaus. III Ektodermzelle. IV Entodermzelle dieses Eies.

Es wird nun möglich sein, die einzelnen Zellen, welche sich innerhalb des thierischen und pflanzlichen Körpers vorfinden, genauer zu besprechen. Es muss dabei die Gliederung eine schärfere sein, als wünschenswerth wäre, weil sich die Pflanzenzellen doch in vielen Fällen nicht mit den thierischen Zellen so ohne Weiteres vergleichen lassen, sondern stets etwas Eigenartiges besitzen.

Alle Lebewesen setzen sich aus Zellen zusammen und das Product der Thätigkeit der einzelnen Zellen bezeichnen wir als die Lebensenergie. Dieselbe ist, wie leicht durch Vergleichung gesehen werden kann, bei den verschiedenen Thieren oder bei den verschiedenen Pflanzen verschieden, sie richtet sich nach der Zusammensetzung des Körpers. Sie wird grösser sein, wenn sich der Organismus aus zahlreichen Zellen aufbaut, die untereinander sehr verschieden sind, sie wird kleiner sein dann, wenn sich der Organismuss aus weniger zahlreichen Zellen aufbaut, und besonders aus Zellen, die untereinander gleichartig in ihrem Bau und ihren Functionen auftreten. Die einzelnen Zellen haben das Bestreben, sich in die

Arbeit, welche der Organismus leisten muss, zu theilen, und nach diesem Princip der Arbeitstheilung sind dann, wie auch schon kurz angedeutet wurde, die verschiedenen Gewebe, Organe und Organsysteme zu erklären. Je mehr Zellen nun innerhalb eines Körpers sind, umsomehr haben sich dieselben auch in die Arbeit, welche der gesammte Organismus verrichten muss, getheilt, um so complicirter sind die Organe und Gewebe gebaut, um so höher ist aber auch die Lebensenergie der betreffenden Thierformen. Es versteht sich daher ganz von selbst, dass die niedrigsten Formen der Lebewesen jene darstellen werden, bei denen nur eine einzige Zelle alle Functionen des Körpers versieht. Diese einzelligen Wesen sind auch wahrscheinlich die ersten gewesen, welche auf unserer Erde auftraten, und wir dürfen wohl annehmen, dass sich durch Weiterbildung der einfachen Zellen die complicirter zusammengesetzten Organismen gebildet haben, wenigstens zeigen uns untergegangene Formenreihen, dass der Körger der Organismen sich im Laufe der Zeit vervollkommnet hat. Die Weiterentwicklung der einzelligen Organismen ist nach zwei Seiten hin vorgeschritten. Zunächst bildeten sich diejenigen aus, welche wir als Pflanzen bezeichnen, und dann erst, nachdem die Pflanzen eine gewisse Höhe der Entwicklung erreicht hatten, konnte es geschehen, dass sich auch thierische Formen weiter bildeten. Denn es ist das Leben des Thieres unbedingt an dasjenige der Pflanzen geknüpft. Da nun diese beiden Reihen aus einfachen Formen hervorgegangen sind, so ist es selbstverständlich leicht erklärlich, dass die einfachen Formen unter sich grosse Uebereinstimmungen zeigen und dass es ausserdem nicht möglich ist, zu sagen, aus der und der Form sind nun bestimmt die Pflanzen, aus der und der die Thiere entstanden.

Dieser Umstand hat schon viele Forscher beschäftigt und man hat es versucht, eine Lösung dadurch erzwingen zu wollen, dass man die niedrigsten Formen zusammenfasste und aus ihnen ein eigenes Reich bildete, das sogenannte Reich der Protisten oder Urthiere. Bald jedoch zeigte es sich schon, wie wenig ein solches Verfahren stichhaltig war, denn aller Orten stiess man auf Formen, welche theils zu den Pflanzen, theils mehr zu den Thieren hinüber neigten und deswegen konnte das Protistenreich nicht länger gehalten werden. Augenblicklich fasst man noch eine Anzahl von niederen Organismen einfach mit der Thierreihe zusammen, eine andere Anzahl mit der Pflanzenreihe und lässt es ganz auf sich beruhen, wo die

Grenze zwischen der einen oder der anderen Classe zu suchen ist. Die Natur lässt sich nicht in ein System hineinzwingen, welches der Menschengeist künstlich aufgebaut hat, sie hat ihre eigenen strengen Gesetze, nach denen sich das Stäubchen im Sonnenstrahl und der Stern im unendlichen Weltraum gleichartig bewegen; die Bahn des Staubtheilchens endet in kurzer Zeit, die des Sonnenballs erst in langen Zeiträumen, aber beide gleich sicher durch den Einfluss anderer Kräfte. — Gleichartige Kräfte bedingen die Entwicklung der Amöbe und des Menschen, der Spaltalge und der Eiche, nur ist ein Unterschied zwischen Quantität und Qualität der Grundstoffe vorhanden und demgemäss findet die wirkende Kraft verschiedene Angriffspunkte und bringt Verschiedenes hervor, aber trotzdem zeigt sich das Uebereinstimmende wieder in allen möglichen Erscheinungen. Diese verschiedenen Erscheinungen hat der Forscher zu studiren, zu sammeln und aus ihnen einen vorsichtigen Schluss auf die Ursachen zu ziehen. Die letzten Gründe für alles Sein und Werden, für Wachsen und Vergehen bleiben uns stets verschlossen und auch in der Wissenschaft giebt es sehr schnell eine Grenze, wo das Wissen aufhört und der Glaube anfängt.

FÜNFTES KAPITEL.

Die einzelligen Lebewesen.

Die höheren thierischen und pflanzlichen Organismen zeigen je untereinander kaum grössere Unterschiede in ihrem Bau und ihren Lebenserscheinungen, als die niedrigsten sogenannten einzelligen Organismen. Welche Fülle verschiedener Formen das Mikroskop dem Beobachter zeigt, ahnt der nicht, welcher die Natur nur oberflächlich zu beobachten geneigt ist. Nur die Welt der Gliederthiere (Insecten, Spinnen und Krebse) weist einen ähnlichen und vielleicht noch grösseren Formenreichthum auf.*)

Was das Mikroskop für Wunder aufdeckt ist seit seiner Erfindung der Welt in gar manch umfangreichem Werke berichtet und hat

---

*) Vergl. die Arbeit des Verfassers „Die niedrigsten Lebewesen u. s. w.“, Verlag von G. Thieme, Leipzig 1888.

den Leser mit Staunen erfüllt, aber das Wunderbarste bleiben jene Wesen, deren Grösse zwischen dem zehnten und dem zweitausendsten Theil eines Millimeters schwangt. Einzellig nennen wir sie und doch arbeitet die kleine Maschine so exact und mannigfaltig, dass der altehrwürdige Infusorienforscher Ehrenberg den Infusorien (zu welchen er alle möglichen Gruppen der niederen Organismen zählte) alle die Organe zuschrieb, welche den höheren Organismen zukommen.

Bisher sind in dieser Arbeit die Lebenserscheinungen der „Zellen" der Reihe nach isolirt betrachtet und nun müssen die vollkommensten Zellen wenigstens kurz noch eine Berücksichtigung erfahren.

Die niedrigsten Organismen, welche oben als Spaltpilze und Spaltalgen Erwähnung fanden, setzen den Forscher in Verlegenheit, sobald er es unternimmt, ihren Körper auf das Schema einer Zelle, wie es bisher gegeben wurde, zurückzuführen, denn selbst die besten Mikroskope lassen bei 1500 und 4000facher Vergrösserung*) keine beträchtlichen Differenzirungen in der Struktur dieser Mikroorganismen erkennen. Als kugelförmige Gebilde oder in Form mehr oder minder langer Fäden oder Fadenstücke von gleichartig scheinender Substanz, treten uns diese Lebewesen entgegen; oftmals erscheint die äussere Schicht fester als das Innere, sie wird membranartig, oft auch ist sie im Gegensatz zum Innenplasma gefärbt. Das letztere ist meist sehr feinkörnig und nur bei den grösseren Spaltpilzen enthält es grössere Körnchen, welche meist als ausgeschiedener Schwefel aufzufassen sind. Der Körper der Spaltalgen ist bläulichgrün; der Farbstoff ist hier sicher ein physiologisch äusserst wirksamer Stoff, denn er verarbeitet die aufgenommene Kohlensäure unter Zuhülfenahme des Wassers zu Stärke. Da er sich in einen grünen und einen blauen Stoff zerlegen lässt, muss ihm eine ziemlich complicirte Structur zugeschrieben werden. Der grüne Farbstoff ist das im Pflanzenreich weit verbreitete Chlorophyll (Blattgrün), der blaue wird als Phycocyan bezeichnet. Seine Anwesenheit zeigt, dass diese Algen von den höheren Pflanzen getrennt werden müssen,

*) Als Grenze der durch das Mikroskop erreichbaren Vergrösserung darf wohl die 1200—1500fache angesehen werden; allerdings hat man Systeme construirt, die ein Object bis 4000fach, linear gemessen, vergrössern; also 16 000 000fach in der Fläche; jedoch verlieren die Bilder um so mehr an Klarheit, je weiter wir über die 1500fache lineare Vergrösserung hinausgehen. Bei allen Angaben der Vergrösserung ist hier, wie üblich, die lineare gemeint.

zudem sind sie ja auch wie die Spaltpilze kernlos. Wenn alle Lebenserscheinungen dieser Organismen berücksichtigt und mit denen der Kerne in einzelligen Lebewesen und in den Zellen des höheren Thier- und Pflanzenkörpers verglichen werden, so liegt für den Beobachter die Versuchung nahe, die Leibesmasse der Spaltpflanzen als Kernsubstanz zu bezeichnen. Diese Kernsubstanz würde dann nur von mehr oder minder starken Hüllen umgeben, während das eigentliche Zellplasma vollkommen zu fehlen scheint. Weiterhin ist der Umstand wichtig, dass im Körper einiger Spaltalgen Fette in beträchtlicher Menge abgeschieden und unter Umständen wieder in Lösung gebracht werden; es wird hierdurch angedeutet, dass verhältnissmässig einfache Verbindungen den Lebensprocess unterhalten und vielleicht selbst den wichtigsten Bestandtheil des lebenden Plasmas ausmachen.

Die Spaltalgen leben nur im Wasser nach Art der Wasserpflanzen. Sie bedürfen ausser Wasser allerdings auch einiger einfacher Stoffe (Kohlensäure und weniger Salze) zu ihrer Existenz.

Die Spaltpilze verlangen — wie die Kerne der Zellen — eine complicirt zusammengesetzte, stickstoffhaltige Nahrung, deshalb sind sie auch so geeignet, als Schmarotzer in Thier- und Pflanzenkörpern aufzutreten.

Die Hüllen, Membranen, welche von den Spaltpflanzen um den activ thätigen Plasmainhalt herum abgeschieden werden, sind von verschiedenem Bau und mit verschiedenen Functionen ausgestattet. Einmal sind sie zehr zart, nicht quellbar, wohl aber für die den Körper umgebenden flüssigen Medien durchlassbar; in einem anderen Falle lagern sie beträchtliche Quantitäten Wasser in sich ab, sie quellen, und umgeben dann den activen Plasmatheil fast wie die Zellensubstanz den Kern umgiebt. Solche Gallerthüllen besitzen die Spaltpilze im Zoogloeastadium und weiterhin viele Spaltalgen. Die quellbaren Membranen der letzteren zeigen sehr häufig eine concentrirte Schichtung, so dass daraus geschlossen werden muss, dass die Membran nicht gleichartig zusammengesetzt ist. — Endlich weisen die Dauerstadien der Spaltpflanzen, die Sporen, eigenartige Membranen auf; diese brechen das Licht stark, sind nicht porös, denn sie hindern die Verdunstung des Wassers der Spore, so dass dieselbe oft Jahre, ja Jahrzehnte lang trocken liegen kann, ohne ihre Keimfähigkeit einzubüssen; diese Hüllen sind ausserdem undurchdringlich für verdünnte Säuren und Alkalien,

welche sonst die Zellen energisch beeinflussen; endlich wandelt sich unter ihnen das lebensfähige Plasma derartig um, dass es Kältegrade von 22—25° C. und Wärmegrade von 70—110° C. ertragen kann, also weder im gefrierenden noch siedenden Wasser Aenderungen erfährt. Solche Membranen finden sich bei thierischen und pflanzlichen Gewebszellen nicht wieder, wohl aber haben die Eier der Thiere und die Saamen der Pflanzen oftmals Hüllen, welche fast die gleichen Eigenschaften haben wie diese Schutzvorrichtungen der Sporen.

Was nun die Spaltpflanzen gleichmässig auszeichnet, ist die energische Fortpflanzung im freien Zustande. Sowohl die freien Spaltpilze als auch die freien Spaltalgen theilen sich, wenn sie unter günstigen Existenzbedingungen leben, fortwährend sehr energisch und zwar meist der Quere nach, d. h. also im kleinsten Durchmesser, seltener der Länge nach. Die Theilungen gehen oft sehr rapid vor sich, so dass aus wenigen Individuen in kurzer Zeit grössere Mengen solcher entstehen. Sind die Nährbedingungen günstig, so gehen die meisten Spaltpilze zunächst die oben erwähnten eigenthümlichen Entwicklungszustände ein, sie bilden gallertige Massen auf dem Nährsubstrat, die sogenannten Zooglöamassen. Innerhalb dieser gallertigen Hüllen wachsen die Individuen sehr schnell, um später aus dem Zooglöastadium wieder in das freie, scheinbar hüllenlose Stadium überzugehen.

Die Sporen, welche von den Spaltpflanzen erzeugt werden, entstehen meist, wenn die äusseren, die Lebensthätigkeit bedingenden Einflüsse beträchtlichere Veränderungen erfahren; es scheint dann ein ständiger schwacher Reiz auf das Plasma ausgeübt zu werden, in Folge dieses Reizes zieht sich eine bestimmte Quantität Plasma zusammen und scheidet an ihrer Peripherie die oben erwähnte resistente Hülle ab. Gleiche Einkapselungen finden sich — und das ist wichtig — bei zahlreichen niederen Organismen, Amöben, Algen, Infusorien u. s. w., ausserdem bei den sporenartigen Früchten höherer Pilze, bei Moosen und Farrenkräutern.

Es lässt sich schwer entscheiden, ob man die Spaltpilze zum Ausgangspunkt der Untersuchungen machen darf, oder ob sie nicht vielleicht rückgebildete niedere Organismen sind, die ursprünglich eine etwas höhere Organisation besassen und bloss durch äussere Verhältnisse veranlasst wurden, eine vielleicht etwas complicirtere Structur aufzugeben und in eine einfachere überzugehen. Es spricht

hierfür in vielen Fällen der eigenthümliche Parasitismus, den die meisten Formen betreiben. Wir wissen, dass die Organisation aller Parasiten im Laufe der Zeit eine einfachere wird, weil die Existenzbedingungen sich zum Theil günstiger gestalten.

Eine zweite Gruppe von niederen einzelligen Wesen bilden die Amöben und Amöbenartigen. Man hat dieselben auch wohl als Schleimpilze oder Pilzthiere hingestellt. In ihrer einfachsten Form sind sie stets einzellig; die höheren Formen entwickeln sich allerdings zu mehrzelligen Individuen, indem der Körper sich weiter differenzirt und die einzelnen Bestandtheile desselben im Zusammenhang bleiben. Die Amöben treten unter den verschiedensten Existenzbedingungen auf, stets aber sind sie an das Leben im Feuchten gebunden, da ihr Körper in den bei Weitem meisten Fällen nackt erscheint. Der Zoologe hat die ganze Gruppe als Wurzelfüssler, Rhizopoden, zusammengefasst und zählt zu ihnen noch eine Reihe von Formen, welche sich durch mancherlei Eigenthümlichkeiten vor den anderen niederen Organismen auszeichnen.

Bei den einfachsten der hierher gehörigen Organismen ist der Körper vollkommen nackt. Er stellt nur ein Schleimklümpchen dar, welches fortwährend seine Form wechselt — daher der Name Amöbe — und welches, wenn man es mit schwachen Vergrösserungen betrachtet, verhältnissmässig einfach gebaut erscheint und auch zu dem irrigen Glauben Anlass gegeben hatte, dass die niedrigsten hierher gehörenden Individuen nur aus einem durchaus gleichartig gebauten Klümpchen belebter Substanzen beständen. Die Anwendung starker Systeme und besserer Mikroskope zeigte sehr bald, dass es mit einer solchen Auffassung dieser Organismen nicht wohl bestellt war, sondern dass dieser Körper immerhin in allen Fällen gewisse Differenzirungen erkennen lasse. Stets und ständig tritt im Innern des Amöbenkörpers, mögen die einzelnen Formen noch so klein sein, ein Gebilde auf, welches sich durch stärkeres Lichtbrechungsvermögen, durch seine Färbung und seine Formen von der übrigen Zellmasse unterscheidet, und das unbedingt als Kern bezeichnet werden muss. Die Kerne besitzen ein sehr verschiedenes Aeussere. Bei den einfacheren Formen sind sie einfach gebaut und lassen wenig Structur im Innern erkennen. Bei den grösseren Formen werden sie blasig und zeigen eine Structur,

wie die Kerne verschiedener höherer Zellen. Im Umkreis des Kernes finden sich stets mehrere Schichten und zwar meist eine helle Zone, die vielfach als Vacuole aufgefasst worden ist, von der aber gerade behauptet werden darf, dass sie mit der Assimilation der aufgenommenen Nahrung in Beziehung steht: es ist die oben geschilderte assimilirende Schicht. Auf diese helle Schicht folgt eine grobkörnige, in welcher die Nahrungsmaterialien eingelagert werden. Dann liegen peripherisch wieder feinkörnigere Schichten, die zum Theil zur Bewegung, zum Theil aber auch zur Ausscheidung eines Gehäuses benutzt werden. Eine grosse Anzahl der hierher gehörigen Formen besitzt nämlich im Umkreis des Körpers ein Gehäuse, d. h. aus der Zellsubstanz haben sich Körper abgeschieden, die entweder hornartig sind oder aus kohlensaurem Kalk bestehen. Die Radiolarien scheiden ausserdem noch in peripheren und mittleren Körperschichten reine, feste Kieselsäure ab. Die Ausscheidung dieser Kalk- und Kieselskelette oder Gehäuse erfolgt in äusserst zierlichen Gestalten Viele Meeresbewohner, wie beispielsweise die Radiolarien und Foraminiferen, kommen vielfach in solch colossalen Mengen vor, dass die Gehäuseausscheidungen für den Aufbau der Erde wichtig geworden sind, indem dieselben unter Umständen grosse Schichten bilden können. Das sogenannte Kieselguhr, dann ein Theil der Kreide, gewisse Kalke und Kieselgesteine sind lediglich aus solchem Material aufgebaut.

Im Amöbenkörper finden sich dann weiterhin noch Differenzirungen, welche den Spaltpilzen fehlen, sonst aber in zahlreichen Thier- und Pflanzenzellen auftreten. Von Zeit zu Zeit geht nämlich die Zellsubstanz der mittleren Nahrungsschicht an gewissen Stellen scheinbar auseinander. Es bilden sich helle Blasen von elliptischer oder kugelförmiger Gestalt. Dieselben vergrössern und verkleinern sich, oftmals im rhythmischen Wechsel; sie werden als Vacuolen bezeichnet, trotzdem sie keine Hohlräume sind und vor allen Dingen keine mit Luft gefüllten Hohlräume, wie wohl fälschlich hin und wieder beschrieben wird, sondern Flüssigkeitsansammlungen darstellen, die plötzlich auftreten, eine Zeitlang bestehen bleiben und dann wieder verschwinden. Ob diese Vacuolen vielleicht mit der Ausscheidung verbrauchter Substanzen in Verbindung stehen, ist für alle Fälle noch nicht nachgewiesen; für einige Fälle scheint es angenommen werden zu dürfen.

Zu gewissen Zeiten, und zwar auch, wenn die äusseren Existenz-

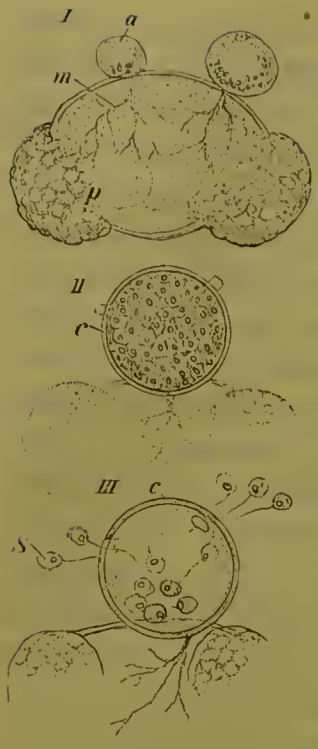


Fig. 23. Die Entwicklung von Amöben, welche auf Pollenkörnern der Fichte schmarotzen. I Zwei junge Amöben, welche als kleine Kugeln (a) auf dem Pollen sitzen und wurzelartige Plasmafortsätze in die Pollenmasse getrieben haben. II Ausgewachsene Amöbe; der Körper hat sich mit einer Membran umgeben, unter welcher der Inhalt in Sporen zerfällt. III Amöbensporen, welche theils ausgeschlüpft sind (s), theils noch in der Cyste eingeschlossen erscheinen. In II u. III sind die Pollenkörner nicht ausgezeichnet. — Diese Amöben sind von Botanikern den Pflanzen zugezählt und als *Rhizophidium pollinis* bezeichnet. Alle Figuren nach Zopf; z. Th. modificirt.

dererseits angenommen werden, dass sie sich mehr dem Thierreiche nähert.

bedingungen eine Aenderung erfahren, runden sich die Amöben ab, sie umgeben sich mit festerer Haut. Der Körper zerfällt dann im Innern in eine Anzahl Schwärmer, wie dies früher schon geschildert wurde. Diese Cystenbildung tritt nach Einwirkung schwächerer und kurzdauernder äusserer Reize ein (Temperaturschwankungen und Nahrungsmangel, sowie bei fortgesetzten Stosswirkungen auf das umgebende Wasser). Ist die Nahrung in Qualität und Quantität nicht mehr befriedigend, wird die Temperatur dauernd eine niedere, so kapselt sich die Amöbe auch ein, aber in eine feste, oft mehrfach geschichtete Haut oder auch in 2—3 umeinander liegende Hüllen. Im Innern dieser Schutzorgane ist das Plasma gegen niedere Temperaturen und Einfluss von Reagentien sehr resistent. Es zerfällt nun in die Sporen, die später ausschwärmen und auf Seite 64 geschildert und in den Figuren 5, 15 wiedergegeben wurden.

Ein grosser Theil der Amöben ist freilebend und nährt sich von fein vertheilten organischen Stoffen. Ein anderer Theil existirt als Schmarotzer im Körper der Pflanzen und der Thiere; es können diese schmarotzenden Formen vielfach sehr gefährlich werden, weil sie sich unter günstigen Umständen ebenso rapid vermehren, wie dies oben von den Spaltpilzen erwähnt wurde.

Von diesen Gruppen zweigen sich nun nach beiden Seiten ausgehend verschiedene Formreihen ab. Von einer lässt sich wohl behaupten, dass sie mehr pflanzlichen Charakter trägt, von der anderen muss an-

Die Formen mit pflanzlichem Charakter werden als Algen bezeichnet, die mit thierischem Charakter sind die eigentlichen Infusionsthierchen. Die Unterschiede zwischen beiden liegen zum grössten Theil auch in der Ausbildung von Chlorophyll und in der dadurch bedingten verschiedenartigen Ernährung und Assimilation der aufgenommenen Stoffe. Die Algen verlangen, wie die Spaltalgen, einfache Stoffe: Wasser, Kohlensäure, stickstoffhaltige Salze u. s. w., die Infusorien verlangen, wie die Spaltpilze, stickstoffreiche organische Stoffe, welche sie aber meist in fester Form aufnehmen. Das Chlorophyll befindet sich in zahlreichen Körnchen innerhalb jener Individuen, welche als Algen den Pflanzen zugerechnet werden, während es den Infusorien als regelmässig auftretender Bestandtheil des Körpers oder als active Substanz desselben fehlt.

Es kann selbstverständlich an dieser Stelle nicht angebracht erscheinen, alle die verschiedenen Formen, welche unter den Algen und den Infusionsthieren zusammengefasst werden, hier zu erwähnen. Es können nur einige wenige Mittheilungen über die allgemeine Zellnatur der Vertreter dieser Gruppe gemacht werden.

Die an den Ausgangspunkt des Pflanzenreiches zu Stellenden sind die kleinen, einzelligen Algen, welche als Conjugaten (vergl. späteres Kapitel) bezeichnet werden. Es sind kleine grüne Pflänzchen, deren Körper nur aus einer oder sehr wenigen Zellen bestehen, welche sich stets in einer Richtung theilen. Die Zellen selbst sind cylindrisch, oft zu Fäden vereinigt, welche sich wieder untereinander rasenförmig innerhalb der Gewässer ausbreiten können. Die grünen Chlorophyllmassen sind in der Form von Körnern, Sternen, Bändern und Streifen im Körper ausgebildet. Ein Zellkern ist stets vorhanden, wenngleich er auch in verschiedener Weise innerhalb der Zelle eingelagert ist und oft durch das stark ausgebildete Chlorophyll verdeckt wird. An diese Conjugaten schliessen sich die Diatomeen an, welche durch manche Eigenthümlichkeiten charakterisirt erscheinen. An Stelle des grünen Chlorophylls, welches wir oben besprochen haben, findet sich in ihrem Körper ein gelblicher oder gelbbrauner Stoff, Diatomin, der allerdings die physiologischen Functionen des Chlorophylls zu übernehmen hat. Es sind die hierher gehörenden Individuen auch einzellig. Ihre Theilung geht meist nur in einer Richtung vor sich, selten bleiben dann mehrere Theilstücke zu kurzen Fäden vereinigt. Interessant sind die Membranen,

welche den Körper umgeben, denn sie enthalten Einlagerungen von Kieselsäure, welche in äusserst zierlichen Formen auftritt. Die Ausscheidungen sind vielfach so regelmässig, dass auch unsere besten Instrumente keine Störungen in der Zeichnung erblicken lassen, und ausserdem sind die einzelnen nebeneinander liegenden Theilchen des Skelettes so fein und zierlich, dass sie als Probeobjecte für die Güte der Objectivlinsen unserer Mikroskope benutzt werden können. — Es finden sich die Diatomeen in allen Gewässern, zum Theil auch in feuchter Erde, zwischen Moos u. s. w.

An diese Gruppen schliessen sich nun in der Pflanzenreihe gleich mehrzellige an, deren Bau und deren Entwicklung verhältnissmässig schon sehr complicirt ist. In der Regel sind die Zellen in einem Individuum verschiedenartig gebaut, entweder rundlich oder langgestreckt oder kurz cylindrisch u. s. w. Für gewöhnlich legen sie sich auch nur mit einer Seite aneinander, bilden Fäden von verschiedener Länge, von denen dann seitlich einzelne Sprossen abtreten können, so dass verzweigte Fäden auftreten, die unter Umständen auch in Form von Scheiben oder halbkugeligen Polstern zusammenwachsen können.

Die einzelnen Zellen sind durch ihre wechselnden Functionen schon voneinander verschieden. Es werden nämlich von einer Anzahl derselben sogenannte Schwärmzellen gebildet, d. h. der Inhalt einer Zelle zerfällt durch Theilung in eine mehr oder minder grosse Anzahl kleiner, eiförmiger oder rundlicher Körperchen. Dieselben besitzen sämmtlich Chlorophyll, sind aber an einem Körperpole hell und daselbst mit feinen Wimperhaaren ausgestattet. Die Schwärmzellen leben einige Zeit frei im Wasser, setzen sich dann fest und lassen aus sich neue Formen entstehen. Neben ihnen kommen aber schon solche Zellen vor, die als geschlechtlich differenzirt betrachtet werden können, indem einzelne eines Fadens mächtig heranwachsen, gross, rundlich oder kugelförmig werden und sogenannte primitive Eizellen darstellen, welche schon Seite 76 als Oogonien erwähnt wurden. In anderen Zellen entstehen durch Theilung kleine Schwärmer, diese führen dann die Bezeichnung Spermatozoiden. Vermittelst ihrer Wimperhaare schwärmen sie umher, setzen sich an den Oogonien fest, dringen auf ziemlich complicirte Weise in dieselben ein und dann findet eine Verschmelzung der beiden verschiedenen Zellmassen statt, woraufhin sich das nun befruchtete Ei abrundet, mit einer festeren Membran umgiebt. Bei der Befruchtung

findet oft noch das Eigenthümliche statt, dass die Schwärmer sich aussen an dem Oogonium ansetzen, aber nicht direct in dasselbe eindringen, sondern erst einige Theilungen durchmachen, zu kleinen Pflänzchen heranwachsen, welche dann der Eizelle angeheftet sind. Diese werden als Zwergmännchen bezeichnet. Die Zwergmännchen bestehen aus drei Zellen, einer unteren, der vegetativen, und zwei oberen, sogenannten Specialmutterzellen; alle drei bleiben sehr klein; der Inhalt der oberen beiden bildet sich zu zwei Spermatozoiden um, die ausschwärmen und in das Oogonium hineingelangen, um das Ei zu befruchten. Auch hier vermischt sich bei der Befruchtung das helle Plasma des Eies mit dem Spermatozoid.

Das befruchtete Ei umgiebt sich, nachdem es sich abgerundet hat, wie eine Amöbe mit einer festen Membran; aus dieser Membran tritt dann bei günstiger Temperatur der Inhalt aus, nachdem er sich vorher wieder in mehrere Partien gesondert hat, die sich genau wie die Schwärmer der Amöben verhalten, jedoch in Folge ihres Chlorophyllgehalts als typische Algenschwärmer erkannt werden.

Von nun an findet in der Pflanzenreihe eine stets zunehmende Complication des Baues statt. Es entstehen verschiedene Theile, die als Wurzeln, Blätter u. s. w. bezeichnet werden. Daneben bilden sich dann jene Gewebe, die als Früchte, als männliche und weibliche Keime u. s. w. aufgefasst werden müssen. — Ueber die wichtigsten Gewebe der höheren Pflanzen muss in einem späteren Kapitel berichtet werden. Hier sollen nur noch an die einzelligen Pflanzen die einzelligen Thierformen angereiht werden.

Die Infusorien. Der Körper derselben ist in den bei Weitem meisten Fällen typisch einzellig. Er lässt im Innern jene Structurverhältnisse erkennen, welche schon in früheren Kapiteln als Eigenthümlichkeiten der Zelle geschildert wurden. Was aber den Infusorienkörper besonders auszeichnet, das ist die grosse freie Beweglichkeit und Selbstständigkeit, welche er besitzt, und dann der Mangel des Chlorophylls, welches nur bei einigen wenigen (fraglichen) Formen normaler Weise vorkommen soll.

Von innen nach aussen betrachtet, lassen sich am Infusorienkörper alle jene Schichten unterscheiden, die schon des öfteren erwähnt wurden. Zu bemerken ist, dass die Kerne ein sehr wechselndes Aeusseres besitzen; entweder sind sie einfach rund, blasen-

förmig, oder sie erscheinen länglich gestreckt, oft hufeisenförmig gebogen, spiralig gedreht, sowie auch in mehrere Stücke zerfallen, perlschnurartig hintereinander gereiht. Die feinere Structur des Kernes stimmt mit derjenigen vieler Gewebskerne vielfach überein; es lassen sich im Innern des Kernes auch eine Anzahl von festeren Gebilden innerhalb einer hellen Flüssigkeit unterscheiden und diese festeren Substanzen besitzen ausserdem die Eigenschaft, verschiedene Farbstoffe in beträchtlicher Menge in sich abzulagern, und reihen sich so vollkommen den sogenannten Chromatinkörnern, die schon öfter besprochen wurden und noch öfter erwähnt werden müssen, an.

Entsprechend der verschiedenen Form des Kernes sind dann auch die übrigen Plasmaschichten verschieden geformt, wie denn der gesammte Körper ebenfalls eine sehr wechselnde Gestalt besitzt. Entweder ist er langgestreckt, elliptisch, oft platt gedrückt, oder er ist mehr walzenförmig, cylindrisch oder birnförmig, selten aber oder wohl niemals während des freien Lebens vollkommen kugelrund. Er behält seine äussere Form bis zu einem gewissen Grade bei, indem in seinem Umkreis eine festere Hülle abgeschieden ist, die unter Umständen sehr starr werden kann. Weiterhin sind nach aussen zu eine grössere Anzahl von Flimmerhaaren entwickelt; es stehen dieselben in verschiedenster Weise über den Körper vertheilt, entweder nur in Gestalt eines Saumes oder einer Schnur an einem Körperpol — so ist es bei den birnförmigen Infusorien, den Vorticellen — oder die Flimmerhaare stehen an einer Seite des Körpers, die man dann als die untere bezeichnet — wie bei den Muschelinfusorien — oder der gesammte Körper ist mit Wimperhaaren bedeckt, die entweder gleich lang sind oder eine ungleiche Länge besitzen. Diese Wimperhaare stehen mit den äusseren Schichten im engsten Zusammenhang. Sie werden durch die Thätigkeit des aussen gelegenen Plasmas in Bewegung versetzt; es zeigt sich oft, dass ein jedes Flimmerhaar in der peripherischen Zone ein eigenthümliches stäbchen- oder kegelförmiges Plasmagebilde besitzt, von dem aus wahrscheinlich die Functionen der Bewegung eingeleitet werden.

Die Infusorien leben sammt und sonders von organischen Stoffen, welche sie von aussen her aufnehmen müssen. Da nun die äussere Körperbedeckung fest ist, so muss der Körper eine Einfuhröffnung für die Nahrungsmaterialien besitzen; es findet sich denn in der That eine solche Oeffnung als Mund und Schlund innerhalb eines freien Feldes (Peristom). Im Umkreis dieser Mundspalte, die durch

einen mehr oder minder langen Schlund in das Innere hineinführt, stehen meist eine Anzahl stärkerer Cilien, deren Aufgabe es ist, die aufzunehmende, fein vertheilte Nahrung in den Mund hineinzustrudeln. Die Nahrung wird dann in kleineren Ballen in der Mittelschicht des Körpers abgelagert, so dass diese oft ganz mit Nahrungspartikelchen vollgepfropft scheint und die Färbung der Nahrung selbst annimmt. — Man kann die Infusorien mit verschiedenen Farbstoffen füttern, z. B. mit feinvertheiltem Carmin oder Indigo, und dann andererseits mit kleinen grünen Algen und findet, dass sich diese Stoffe fast sämmtlich in derselben Schicht ablagern. Sie werden zunächst in kleineren, dann in grösseren Partien zusammengeballt und bleiben eine Zeitlang vollkommen unverändert im Körper liegen. Später werden sie von dem um den Kern herumgelegenen hellen Plasma umflossen und dann assimilirt. Sowie diese Assimilation vor sich geht, treten innerhalb des Infusorienleibes neue Massen auf; zum Theil werden im Kern stark lichtbrechende Körnchen abgeschieden, zum Theil lagern sich solche an einigen Stellen der mittleren Leibesmasse in grösseren Quantitäten ab. Es erinnert dies an die früher kurz schon erwähnte Dotterbildung innerhalb der thierischen Eizelle.

Ist ein Infusorienkörper bis zu einem gewissen Grade herangewachsen, so tritt eine Vermehrung durch einfache oder complicirte Theilung ein. Der Kern schnürt sich in 2 Hälften ab. Da aber die Kerne gross sind und ausserdem eine beträchtliche Menge körniger Substanz besitzen, so geht bei dem Verlaufe der Theilung diese Substanz nicht unregelmässig durcheinander, sondern legt sich in ziemlich regelmässigen Zügen zwischen den sich trennenden Kernstücken an. Es entstehen auch hier sogenannte Spindelfiguren, wie solche auch sonst bei der Kerntheilung bekannt geworden sind. — Weiterhin kapselt sich das Infusorium zu gewissen Zeiten ab, es bildet vollkommen runde Cysten mit stärkerer, oft mehrfach geschichteter Membran. In diesem Zustand vermögen die Individuen lange Zeit allen äusseren Einflüssen zu widerstehen. Sie gehen nach längerer Zeit erst aus dem Cystenzustand zurück und zwar ganz ähnlich wie die Amöben. Der Inhalt der Cysten zerfällt in eine Reihe kleinerer Partien, die auch als Schwärmer oder Sporen jenachdem bezeichnet werden können und dann frei nach aussen heraustreten, mit Wimperhaaren ausgestattet sind und erst nach einiger Zeit wieder, nachdem sie eine grössere Quantität Nahrung aufgenommen haben, die definitive Form repräsentiren.

Aus all diesem ergiebt sich, dass in dem Körper der niederen Organismen grosse Uebereinstimmungen herrschen; besonders sind die Entwicklungszustände vielfach sehr ähnliche. Sowohl bei den niedrigsten Pflanzen als auch bei den niedrigsten sonstigen Lebewesen, die man vielleicht den Thieren zurechnen könnte, entstehen jene Schwärmer, die höchst charakteristisch sind. Ja, selbst noch bei den höheren Pilzen kommen Schwärmzustände zur Ausbildung, so dass es oft schwer ist, dieselben von denen der Amöben oder Infusorien oder auch von diesen selbst zu unterscheiden. Wenn daher Wasser untersucht wird, in welchem sich solche Entwickelungsstadien vorfinden, so kann nicht ohne Weiteres behauptet werden, die und die kriechende, amöbenartige Form ist eine bestimmte, feste Art, sondern es müssen die zur Beobachtung kommenden Thiere so lange weiter beobachtet werden, bis endlich alle Entwicklungszustände derselben bekannt sind, bis man sie als Schwärmer, als freie Thiere und als Cysten mit Sporeninhalt kennen gelernt hat, dann erst lässt sich ziemlich sicher annehmen, dass man eine vollkommene Entwicklungsreihe und eine abgegrenzte Form beobachtete.

Im höheren Thierkörper, weniger aber im höheren Pflanzenkörper haben sich einzelne Zellen später wieder aus dem Verbande anderer gelöst und eine gewisse Selbstständigkeit angenommen. Es wurde schon früher erwähnt, dass zu diesen selbstständigen Zellen die meisten Blutkörperchen, dann die Ei- und Saamenzelle zu zählen sind. Von der Pflanze kann man höchstens, bis zu einem gewissen Grade, die Pollenkörner hierher zählen, indem dieselben wenigstens zu gewissen Zeiten einen grösseren Grad der Selbstständigkeit erlangen.

SECHSTES KAPITEL.

Die Zellen des thierischen Körpers.

Ganz allgemein betrachtet, lassen sich hier unterscheiden: frei bewegliche Zellen und solche, welche nur in geschlossenen Geweben nebeneinander auftreten. Anfänglich sind aber sämmtliche Zellen des thierischen Körpers im Zusammenhang und erst im Laufe der Zeit lösen sich während der embryonalen Entwicklung einige aus diesem Zusammenhang los, um dann von da an ein mehr selbstständiges Leben innerhalb der verschiedenen Organe des Körpers zu führen.

A. Die freien Zellen.

1. Die Blutzellen.

Als freie Zellen im eigentlichen Sinne des Wortes sind hauptsächlich die festeren Blutbestandtheile des Körpers anzusehen; Blut ist bekanntlich jene Flüssigkeit im thierischen Organismus, welche zwischen den einzelnen Geweben des Körpers circulirt und diesen Geweben Nahrung zuführt, auserdem dafür sorgt, dass aus ihnen die verbrauchten Stoffe wieder entfernt werden. Das Blut circulirt in besonderen Gefässen, oder es findet sich in Spalträumen zwischen den einzelnen Geweben und Organen. Das Letztere ist besonders bei niederen Thieren der Fall, das Erstere bei höheren Thieren. In welcher complicirten Weise Vorrichtungen geschaffen sind, um die Circulation des Blutes und die Functionen desselben möglichst zu unterstützen und zu fördern, kann an dieser Stelle nicht besprochen werden. Es ist nur kurz darauf hinzuweisen, dass durch das Herz, welches einen grossen musculösen Schlauch darstellt, die Circulation angeregt wird und dass schliesslich in verschiedenen Organen, so in den Athmungswerkzeugen und in den Nieren bestimmte Stoffe aus dem Blut herausgenommen werden, welche für den Körper nicht mehr von Nutzen sind. In den Athmungsorganen wird bekanntlich die Kohlensäure nach aussen ausgeschieden und an Stelle derselben vom Blut Sauerstoff aus der Luft oder dem Wasser aufgenommen. In den Nieren werden die übrigen Schlackenbestandtheile entfernt und zwar in Gestalt des Harns, welcher eine verschiedene Zusammensetzung besitzt.

Das Blut niederer Thiere stellt eine Flüssigkeit dar, welche nur in den bei weiten seltensten Fällen gefärbt erscheint, die aber unter Umständen eine Reihe von festeren Bestandtheilen enthält, welche als Blutkörperchen im weiteren Sinne zu bezeichnen sind. Untersucht man das Blut eines Wurms oder eines Insects oder, was sehr leicht auszuführen ist, dasjenige des Flusskrebses, so lassen sich ohne Mühe innerhalb einer hellen Grundsubstanz die verschiedenartigen festeren Bestandtheile constatiren. Man erhält ungefähr Bilder, welche denen gleichen, die ein Tropfen Wasser, in welchem eine Anzahl niederer Amöben suspendirt sind, darbietet. In grösseren Mengen finden sich helle Zellen, welche bei oberflächlicher Betrachtung fest an einem Ort zu liegen scheinen, an denen man aber nach Verlauf einiger Zeit bemerkt, dass sie ihren Platz zu wechseln

vermögen, und zwar geschieht diese Fortbewegung ebenfalls, wie die der Amöben, durch eine Anzahl von Plasmafortsätzen, welche gleicher Weise als Scheinfüsschen (Pseudopodien) zu bezeichnen sind. Auch hier ist es das peripherisch gelegene helle Plasma, welches die Fortbewegungen einleitet. Die innere Organisation dieser Zellen weicht auch nur wenig von derjenigen der Amöben ab. Die Kerne sind allerdings gross, blasenförmig; sie erfüllen häufig den grössten Theil der Zelle. Dann tritt die übrige Zellsubstanz vollkommen zurück. Wie die Verhältnisse daselbst liegen, wird sich am besten aus den beistehenden Figuren ergeben.

In einem Blutpräparat von einem niederen Thiere sieht man die allerverschiedenartigsten Zellen dicht nebeneinander gelagert und deshalb ist es schwer, eine genauere Bestimmung der Formenbestandtheile des Blutes zu geben. Leichter ist dies schon bei den höheren

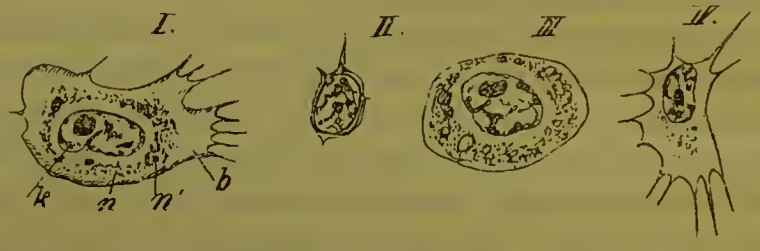


Fig. 24. Weisse Blutzellen aus dem Krebsblut. I. Zelle in lebhafter Bewegung; k Kern, n assimilirende Schicht, n' körnchenreiche Schicht, b Scheinfüsschen (Pseudopodien). II, III, IV gleiche Zellen von verschiedener Grösse und Form. Alle Figuren stark vergrössert.

Thieren, indem sie hier die zelligen Bestandtheile in festeren Gestalten repräsentiren. Bei der Untersuchung eines Tropfen Blutes von einem Wirbelthier zeigt sich, dass erstens einmal die gesammte Flüssigkeit gefärbt erscheint und dass weiterhin der Farbstoff nicht in der Flüssigkeit selbst enthalten ist, sondern sich an eine Anzahl von ovalen oder rundlichen Körperchen gebunden zeigt, welche innerhalb des Blutes schwimmen und zwar in verschieden zahlreichen Mengen. Diese Blutkörperchen werden als die rothen bezeichnet im Gegensatz zu den farblosen Zellen, welche auch hier in ganz ähnlicher Weise vorhanden sind, wie im Blute der niederen Thiere und die man, ihrem Aussehen nach, farblose oder weisse Blutkörperchen benannt hat.

Die rothen Blutkörperchen der Wirbelthiere. Sowohl was die Form anlangt, als auch was die Grösse und An-

zahl derselben betrifft, weichen die rothen Blutkörperchen der verschiedenen Wirbelthiere mehr oder minder weit voneinander ab. Es lassen sich aber stets ganz bestimmte Gesetze aufstellen, nach welchen die Grösse und auch zum Theil die Gestalt der Blutkörper zu bestimmen ist. Sie werden gross sein dann, wenn die Thiere sehr wenig energisch zu leben brauchen, wie dies bei den niedrigsten Wirbelthieren, bei Amphibien, den Fischen und Reptilien der Fall ist. Von allen höheren Thieren sind bekanntlich die Amphibien zum Theil die trägsten, in Folge dessen finden wir auch unter ihnen die grössten Blutkörperchen. Dieselben kommen dem als Proteus bekannten Amphibium zu, einem in Höhlen lebenden, trägen Molch, der ungefähr in seinem äusseren Habitus an einen Aal oder eine Schlange erinnert, vor denen er jedoch durch Besitz kurzer Extremitäten u. s. w. sich auszeichnet. Auch unser Frosch besitzt noch verhältnissmässig sehr grosse Blutkörperchen. Kleiner sind sie schon bei den lebhaften Eidechsen und bei einer sehr grossen Anzahl sehr behender Fische.

Fig. 25. Rothe Blutkörperchen der Wirbelthiere, körperlich dargestellt. I Proteus. II Frosch. III Blutkörperchen des Frosches in Seitenansicht. IV Leuciscus (Fisch). V Eidechse. VI Taube. VII Kameel. VIII Mensch. IX Moschusthier. X Blutkörper des Menschen stärker vergrössert, von der Seite gesehen. XI geldrollenartig aneinander gelagerte Blutkörper des Menschen. XII u. XIII zwei Lymphzellen des Menschen. (Vergrösserung bei Fig. I—IX ca. 650fach.)

Werden die allgemeinen äusseren Formen dieser Gebilde betrachtet, so zeigt es sich, dass alle Blutkörperchen oval oder rund erscheinen. Schon bei verhältnissmässig schwachen Vergrösserungen lassen sich in den grösseren derselben verschiedene Differenzirungen erkennen. Central liegt meist ein ovaler Kern, der besonders nach Zusatz von Reagentien, verdünnter Salzsäure, Sublimat u. s. w. deutlich hervortritt, der sich noch deutlicher abhebt, wenn man Farbstoffe auf die Substanz der Blutkörperchen einwirken lässt. Es zeigt sich dann, dass in demselben eine grosse Menge färbbarer Substanz eingeschaltet ist und dass dieses kernartige Gebilde ausserdem ein feinkörniges

Gefüge besitzt. Im Umkreis desselben ist die Plasmamasse allerdings nicht so scharf differenzirt, wie dies in Gewebszellen der Fall ist. Aber trotz alledem erscheinen die centralen Schichten weniger dicht als die mehr nach der Peripherie hin gelegenen, in denen hauptsächlich der eigenthümliche rothe Farbstoff eingelagert ist. Der Farbstoff, das sogenannte Hämaglobin oder Hämaglobulin, ist in den Blutkörperchen in äusserst feiner Weise vertheilt, vielleicht in Lösungen oder doch in Gestalt kleinster Körnchen. Er besitzt die Eigenschaft, in den Athmungsorganen, den Kiemen und Lungen, Sauerstoff in Menge aufzunehmen, denselben mit dem Blute bis in die Gewebe hinein zu transportiren, dort an die Gewebszellen abzuliefern und daselbst in Austausch Kohlensäure mitzunehmen, welche er dann in der Lunge resp. der Kieme, gegen Sauerstoff abgiebt. Für die Athmung besitzen daher die rothen Blutkörperchen eine hohe Bedeutung; mit ihrer Thätigkeit hängt zum Theil die Temperatur des Körpers im engen Zusammenhang. Wir finden, dass dieselbe hoch ist bei jenen Wirbelthieren, denen verhältnissmässig kleine Blutkörperchen zukommen, Säugethieren, Vögeln u. s. w., es werden diese Formen auch als Warmblüter bezeichnet; besser müsste es heissen: gleichwarme Thiere, denn die Temperatur des Thieres schwankt bei demselben in normaler Weise nur innerhalb sehr kleiner Grenzen. Die niederen Wirbelthiere, deren Körper verhältnissmässig wenig energisch zu functioniren vermag, besitzen auch die grössten Blutkörperchen. Bei diesen Thieren verläuft die Athmung in eingeschränktem Maasse, in Folge dessen ist auch das Blut nicht sehr warm, sondern es wird zum Theil durch die äussere Temperatur mit beeinflusst; es kann daher seine Eigenwärme innerhalb beträchtlicher Grenzen schwanken. Diese niederen Wirbelthiere wurden früher als Kaltblüter bezeichnet. Diese Bezeichnung ist jedoch nicht ganz correct, besser ist die neuerdings eingeführte: wechselwarme Thiere. Die Temperatur des Körpers ist stets etwas höher als diejenige des umgebenden Mediums, sie kann also unter Umständen höher sein als diejenige der Warmblüter.*)

Je kleiner die rothen Blutkörperchen werden, um so mehr nehmen sie eine runde Gestalt an, daher sind diejenigen der Säugethiere und des Menschen scheibenförmig, von der oberen Fläche gesehen

*) Die Körperwärme wird erst durch die Thätigkeit der Gewebszellen, z. B. der Muskelzellen, erzeugt, jedoch hängt diese Thätigkeit von der Zusammensetzung des Blutes und besonders vom Sauerstoffgehalt desselben ab.

vollkommen kreisrund, von der Seite betraehtet platt. Ausserdem ist der mittlere Theil beiderseits vertieft, so dass jedes Blutkörperchen eine biconcave Scheibe darstellt. Dadureh, dass diese Form innegehalten wird, ist natürlich die Oberfläche der gesammten Blutkörperchen im Vergleich zum Volumen derselben bedeutend vergrössert und diese Oberfläche ist sehr beträchtlich, weil in verhältnissmässig kleinen Mengen Blutes sehr bedeutende Mengen dieser Blutkörperchen auftreten. So sind z. B. in einem Cubikmillimeter Blut des Menschen 4—4½ Millionen rothe Blutkörperehen, bei den niederen Thieren sind entsprechend weniger vorhanden — bei dem Proteus nur einige Tausende.

Die weissen Blutkörperchen der Wirbelthiere. Neben den rothen Blutkörperchen trifft man in der gesammten Wirbelthierreihe auch die farblosen Blutkörperchen, welche als Lymphkörperehen bezeiehnet werden.

Es zerfällt die Flüssigkeit, welche die Ernährung des Wirbelthierkörpers besorgt, in das rothe Blut und in das sogenannte weisse oder die Lymphe. Dem ersteren liegt neben der Bestimmung, die Gewebe zu ernähren, auch die Funetion der Athmung ob, das letztere hat aus dem Darm die Ernährungsflüssigkeit aufzunehmen und dieselbe zum Theil in das rothe Blut, zum Theil aber aueh direet in die Gewebe zu übertragen. Während das rothe Blut in ziemlieh dickwandigen Gefässen circulirt und mit einer gewissen Gewalt in den Körper hineingetrieben wird, sind die Räume, in denen sich das weisse Blut bewegt, theils sehr dünnwandig, theils aber auch vollkommen ohne Musculatur, ja ohne bestimmte Wandungen. Es dringt das weisse Blut in die verschiedenen Spalten zwisehen den Geweben ein, durchtränkt die letzteren, führt ihnen Nahrungsstoffe zu und nimmt den Uebersehuss von Nahrungsmaterial aus denselben wieder fort. Die Gefässe, in denen das rothe Blut, und diejenigen, in denen das weisse circulirt, stehen nur an wenigen Stellen miteinander in Verbindung; es finden sich in dem sogenannten Lymphgefässsystem oder Saugadersystem, wie es aueh wohl benannt wird, niemals rothe Blutkörperchen, andrerseits finden sich aber weisse Blutkörperchen in beträehtlieher Menge zwischen den rothen Blutkörperchen der Blutgefässe.

Die weissen Blutkörperchen werden ziemlich gleich gross, ihr Körper besteht auch wie der der farblosen Blutzellen niederer Thiere aus einer hüllenlosen Zellsubstanz, in welcher central ein Kern ge-

legen ist. Die Formen des Kernes und seine Grösse wechseln. selten ist er vollkommen rund oder oval, vielfach aber unregelmässig, zum Theil gebogen und geknickt. Ebenso kommen häufig mehrere Kerne innerhalb eines Lymphkörperchens vor. Die übrige Substanz zeigt eine Schichtung. Die mittleren Schichten derselben sind feinkörnig bis grobkörnig ausgebildet, zu äusserst liegt entweder eine sehr feinkörnige oder eine vollkommen homogene Zone, welche die Functionen der Bewegung zu übernehmen hat. Es bewegen sich die Lymphkörperchen, in ähnlicher Weise wie die Amöben, durch Scheinfüsschen, sie dringen in fast alle Gewebe und in alle Zellzwischenräume ein und nehmen zum Theil aus den verschiedenen Geweben

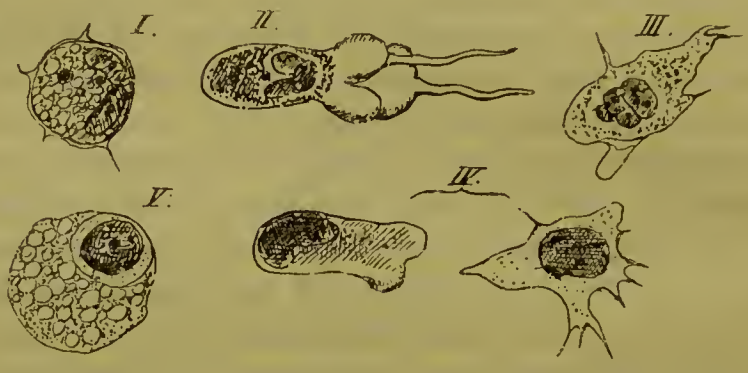


Fig. 26. Lymphkörper aus dem Froschblut. I Ein abgerundetes Lymphkörperchen mit mehreren Kernen und körnigem Plasma. II Ein Lymphkörperchen in Bewegung, rechts sind die Pseudopodien ausgestreckt. III Ein ebenfalls in Bewegung begriffenes Lymphkörperchen. IV Zwei Lymphzellen in lebendem Zustande, der Inhalt derselben ist schwer aufzulösen. V Kugelig abgerundetes Lymphkörperchen, das Plasma enthält zahlreiche Vacuolen. Der Kern ist gross und liegt an einer Seite. (Vergr. 1500fach.)

zerfallene Stoffe auf, besonders zerfallene Zellreste oder Fremdkörperchen. Werden die Körper der Lymphzellen genau untersucht, so erweisen sie sich oft mit solchen Resten angefüllt. Auch kann man die Lymphzellen, entsprechend dieser Eigenschaft fangen, wenn man nämlich ein dünnes Korkschnittchen unter die Haut eines Thieres bringt, so wird dasselbe alsbald von farblosen Blutzellen heimgesucht. Dieselben bestreben sich, von dem Korkplättchen Theile abzulösen und als Nahrung zu verwerthen. Für die Thiere resp. den Menschen sind die farblosen Blutzellen dadurch oft von keiner geringen Bedeutung, dass sie auch Mikroorganismen, also Spaltpilze u. s. w., welche in gewissen Geweben liegen, begierig aufnehmen. Dieselben sterben im Körper der Lymphzelle nicht sofort ab, sondern werden weiter transportirt und auf diese Weise vielfach schnell im

Körper selbst verbreitet. Die sogenannten Eiterkörperchen, welche besonders bei Entzündungen innerhalb der Gewebe des Körpers auftreten, sind solche Lymphkörperchen, welche mit allerhand Partikelchen zerfallener Zellen, fremder Substanzen und Spaltpilzen vollgepfropft erscheinen. Im Ruhestadium sind die farblosen Blutkörperchen vollkommen rund, meist kugelig. Der Inhalt derselben erscheint dann stark körnig. Aus diesen farblosen Zellen gehen in einigen Organen, z. B. im Knochenmark, die rothen Blutkörperchen hervor. Es sollen sich besonders die Kerne eigenthümlich umwandeln, dann aus den Körperchen heraustreten und sich als rothe Blutkörperchen in die Blutbahnen mischen. Den rothen Körperchen fehlt jede eigene Bewegung.

Die Speichelzellen des Menschen gehören auch zum Theil zu den freien Zellen. Sie finden sich in dem hellen flüssigen Speichel, welcher besonders während der Nahrungsaufnahme, beim Kauen, in grösseren Mengen aus besonderen Drüsen der Mundhöhle ausgeschieden wird. Sie besitzen einen ähnlichen Bau wie ruhende farblose Blutkörperchen. Sie sind nur dadurch interessant geworden, dass die Zellsubstanz stark körnig erscheint und dass diese Körnchen in frisch untersuchtem Speichel lebhafte Bewegungen auszuführen vermögen. Es ist ein fortwährender Tanz, wobei jedoch keine allgemeinen Strömungen stattfinden, sondern ein jedes Körnchen tanzt nur innerhalb enger Grenzen. Die Körnchenbewegungen können mit guten, mittelstarken Linsen schon deutlich wahrgenommen werden. Im Uebrigen ist der innere Bau der Speichelzellen ein ähnlicher wie der der weissen Blutkörperchen. Es finden sich auch grosse, blasige Kerne, in denen hinreichendes Chromatin abgeschieden ist. Ausserdem kommen häufig mehrere Kerne innerhalb eines Speichelkörperchens vor.

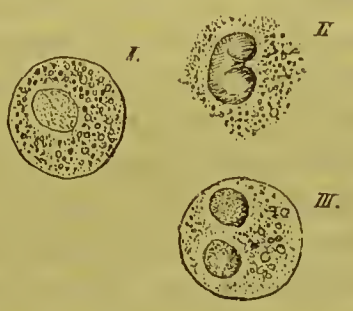


Fig. 27. Speichelzellen des Menschen. I Frisch im Speichel untersucht. II Zerfallende Zelle. III Eine Zelle mit 2 Kernen, mit Reagentien (Flemming'scher Lösung) und Methylgrün behandelt.

2. Die Keimzellen.

Bis zu einem gewissen Grade hat eine jede lebende Zelle die Eigenschaft und Fähigkeit, sich vermehren zu können, d. h. neue Zellen bilden zu können. Bei den meisten Gewebszellen ist aber diese Eigenschaft

in Folge der Arbeitstheilung so beschränkt, dass sie nur wieder ähnliche Zellen durch Theilung erzeugen können. Aber es giebt andrerseits auch eine Reihe von Thieren, deren Zellen in ausgedehnter Weise die Eigenschaft haben, neue Organismen, welche dem ursprünglichen Thiere gleichen, zu erzeugen. Den einfachsten Fall bietet auch wieder unsere Süsswasserhydra, indem bei derselben abgeschnittene Theile, falls sie noch die beiden ursprünglichen Zellschichten besitzen, zu einem normalen Thiere heranwachsen können. Ausserdem haben wir an derselben einen sehr interessanten Process zu verfolgen, den wir als Sprossung bezeichnen. Besonders die Zellen der unteren Körperhälfte besitzen in ausgesprochener Weise die Fähigkeit, sich zu vermehren und durch diese Vermehrung neue Individuen zu bilden. Anfänglich wachsen sie zu einem kleinen Kegel aus, der Kegel verlängert sich, er wird zapfenförmig, der Zapfen wird schlauchförmig. An dem freien Pole des Schlauches entstehen eine Reihe von Erhebungen, die späteren Fangarme; zwischen ihnen bildet sich ein Durchbruch, der in das Innere des Schlauches hineinführt, der Mund, und damit ist denn schliesslich aus einem nicht differenzirten Zellhaufen ein neues Individuum hervorgegangen. Dieses kann unter Umständen selbst wieder durch Sprossung ein weiteres Individuum erzeugen und so hängen oft 2, 3 oder auch 4 vollkommene Thiere fest aneinander. Wir haben dann ein primitives Thierstöckchen vor uns, welches allerdings in diesem Falle nicht lange bestehen bleibt, sondern sich bald auflöst, dadurch, dass sich die einzelnen Individuen voneinander trennen und ein selbstständiges Dasein führen. Bei einer grossen Anzahl der im Meere lebenden Verwandten unserer Hydra, bei den Schwämmen, Corallen und vielen anderen entsteht auch durch Sprossung eine gewisse Menge von neuen Individuen. Dieselben lösen sich aber nicht sämmtlich voneinander, sondern bleiben untereinander im Zusammenhang und bilden zum Theil mehr oder minder grosse Thierstöcke oder Thiercolonien.

Auch complicirter gebauten Thieren ist die Fähigkeit eigen, durch Sprossung neue Individuen aus sich hervorgehen zu lassen, so vermögen beispielsweise einige Würmer durch Sprossung neue Individuen zu erzeugen, die sich hintereinander entwickeln und dann durch ringförmige Abschnürungen im Körper zur Loslösung gelangen. In den höheren Thierreihen besonders bei den Wirbelthieren, kommt eine solche Vermehrungsweise nicht mehr vor; bei der niedrigsten derselben können allerdings noch einzelne Glieder wieder

ersetzt werden, falls sie auf irgend eine Weise vom Körper abgetrennt wurden, so kann man den Salamandern die Extremitäten abschneiden und wird sehen, dass aus den Stümpfen nach kurzer Zeit neue Extremitäten hervorsprossen; aber niemals wird man erleben, dass wenn man ein solches Thier in der Mitte quer durchschneidet, die beiden Hälften wieder zu neuen Individuen heranwachsen, weil der Blutkreislauf unterbrochen wird und der einen Hälfte diejenigen Elemente fehlen, welche der anderen zukommen, weil ferner die Arbeitstheilung zwischen den Geweben und Zellen eine so weitgehende geworden ist, dass ein beliebiger Zellcomplex willkürlich nicht mehr die Functionen eines anderen übernehmen kann. Es liegt hier im vorderen Abschnitt das Gehirn mit den Hauptsinnesorganen, Augen, Nase u. s. w., im hinteren Abschnitt nur das verlängerte Rückenmark. Es kann sich aber nie und nimmer bei einem Individuum ein Stück Rückenmark zu einem Gehirn weiter entwickeln, noch auch jemals eine beliebige Hautstelle zu einem complicirten Sinnesorgan, wie es beispielsweise das Auge ist. Eben so liegen im hinteren Körperabschnitt die Geschlechtsorgane, die Nieren u. s. w. Auch diese können sich nicht zu Lungen, Herzen u. s. w. eventuell umbilden. Es ist hier die gesammte Organisation in verschiedene Organe getrennt, die nur in der Einzahl oder paarig vorhanden und nicht wieder direct auseinander abzuleiten sind, sondern welche sich schon auf einem sehr frühen embryonalen Stadium verschiedenartig anlegen und weiterbilden. Auf diesem embryonalen Stadium kann es unter Umständen gelingen, dass man durch Trennung verschiedene Organe verdoppelt oder neue erzeugt, weil die Zellen dann noch eine grosse Summe von Eigenschaften besitzen, die ihnen später abgehen, weil die Arbeitstheilung in ihnen noch nicht in so ausgesprochener Weise entwickelt ist.

Bei den niederen Thieren, bei denen der Bau verhältnissmässig einfach ist, und in deren Körper nur wenige Zellschichten eingehen, ist es leichter möglich, dass solche Regenerationen zu vollkommeren Individuen wieder stattfinden. Dort ist in den einzelnen Geweben und Organen, und in letzter Instanz in einzelnen Zellen, die Arbeitstheilung nicht so weit gegangen, wie im höheren Thierkörper, in Folge dessen gleichen sich die Zellen untereinander noch mehr. Sie besitzen eine Reihe von ähnlichen Functionen, wenn auch immerhin schon Unterschiede zu constatiren sind.

Ganz allgemein besitzen nur einige Zellen des thierischen Körpers

in ausgesprochener Weise die Fähigkeit, einen neuen Organismus aus sich hervorgehen zu lassen. Es scheint gleichsam, als ob der Körper alle seine Kräfte, alle seine Eigenschaften schliesslich in einer Stelle und in einigen Zellen concentrire; ja man kann den Satz aufstellen und ihn hinlänglich beweisen, dass alle Organe und Gewebe des höheren Thierkörpers schliesslich dazu gebildet werden, um den wenigen Keimzellen eine möglichst gesicherte Existenz, ein ungehindertes Weiterbestehen zu schaffen. Es muss ja einem Jeden auffallen, dass dann, sowie der Körper die Functionen der Vermehrung geleistet hat, einfach ein Stillstand in den Functionen seiner Gewebe u. s. w. stattfindet und er bald nachher zerfällt. Weiterhin muss es einem Jeden auffallen, dass der Körper sämmtlicher Thierformen derartig construirt ist, dass die sich neu entwickelnden Individuen unter möglichst günstigen Existenzbedingungen zur Weiterentwicklung gelangen können. Hierbei sind eine ganze Reihe von höchst interessanten Hilfsmitteln in Anspruch genommen. Viele Parasiten, z. B. Bandwürmer, suchen dadurch eine Nachkommenschaft zu sichern, dass sie colossale Mengen von Eiern produciren. Es wird dann die Wahrscheinlichkeit, dass doch einige der Eizellen zur weiteren Entwicklung kommen können, eine grössere. Andere Thiere, welche nur wenige Nachkommen erzeugen, beispielsweise die höheren Säugethiere u. s. w., besitzen die eigenartigsten Schutzvorrichtungen zum Sichern der Jungen oder sie versuchen dieselben durch Verwerthung der mannigfachsten äusseren Bedingungen zu schützen; es bildet sich nach und nach dieser Trieb zur selbstlosesten Mutterliebe aus. Weiter kann hier dies interessante Thema nicht ausgesponnen werden.

Aber nicht die weibliche Eizelle allein genügt zur Production neuer Individuen, sondern sie muss in den bei Weitem meisten Fällen noch zur Weiterentwicklung angeregt werden dadurch, dass sie sich mit anderem Zellstoff eines zweiten Individuums mischt; diese Stoffe werden vom männlichen Individuum geliefert.

Anfänglich bilden sich weibliche und männliche Keimzellen in demselben Thier häufig nebeneinander aus. Die Individuen sind dann Zwitter, wie solche bei vielen niederen Thieren, am auffälligsten wohl noch bei Mollusken, also unseren Schnecken z. B., vorkommen. Später trennen sich die Eizellen von den männlichen Keimzellen, den Saamenzellen. Sie entwickeln sich zwar noch innerhalb des gleichen Individuums, aber an verschiedenen Orten, in

verschiedenen Organen desselben. Endlich findet eine vollkommene Trennung statt, indem die verschiedenen Keimzellen auf verschiedene Individuen vertheilt werden; eines entwickelt männliche, das andere nur weibliche Keime und dementsprechend unterscheiden wir männliche und weibliche Geschlechter. Diese Vertheilung auf zwei gesonderte Individuen beruht auf dem Umstande, dass die Keimzellen desselben Individuums meist nicht im Stande sind, eine erfolgreiche Vermischung miteinander eingehen zu können. Bei den meisten Zwittern kommen daher Ei und Saame nicht gleichzeitig, sondern erst nacheinander zur Entwicklung und Reife, so dass Selbstbefruchtung ausgeschlossen ist.

Die Eizellen. Nach jenem in der Einleitung erwähnten Grundsatze der Biologie, dass ein jedes Leben aus dem Ei stammt, hat man in neuerer Zeit das Hauptaugenmerk gerade der Bildung, dem Bau und der Weiterbildung dieser Keimzellen zugewandt. Der Umstand, dass sie überall auftreten, ist allerdings schon an und für sich interessant genug, er wird aber noch interessanter dadurch, dass die Eizellen auch in allen Fällen im Grossen und Ganzen eine ähnliche Entwicklung durchmachen, dass sie überall Uebereinstimmungen zeigen, die um so auffälliger erscheinen, je tiefer unsere Kenntniss von dem Bau der Gewebe u. s. w. wird, d. h. je weiter wir unsere Untersuchungsmethoden ausdehnen und je bessere Hilfsmittel wir in Anwendung bringen können.

Die Mikroskope, welche in der Neuzeit zur Untersuchung herangezogen werden, und die sonstigen Hilfsmittel, Präparationsmethoden u. s. w., deren man sich bedient, sind derartig verbessert worden, dass uns wenigstens ein grosser Theil der Differenzirungen bekannt wird, welche innerhalb der Eizelle anzutreffen sind. Aber bei der Untersuchung derselben dürfen wir nie und nimmer daran denken oder darauf hoffen, nun alle Details erschöpfen zu wollen, Alles zu erfassen und zu erkennen. Es werden uns gewiss eine grosse Anzahl von Eigenthümlichkeiten der lebenden Substanz verschlossen bleiben, denn bis auf die letzten Gründe hin vermag der Menschengeist nicht durchzudringen. Auch hier gilt immer und immer wieder das Goethe'sche Wort:

„Geheimnissvoll am lichten Tag,
Lässt sich Natur des Schleiers nicht berauben,
Und was sie deinem Geist nicht offenbaren mag,
Das zwingst du ihr nicht ab mit Hebeln und mit Schrauben."

Jedenfalls wird uns aber doch eine grosse Summe von Erscheinungen durch unsere verbesserten Hilfsmittel klar gelegt, welche uns gestatten, wenigstens ein einigermassen einheitliches Bild über die Entwicklung der Organismen und manche Einzelheiten derselben gewinnen zu können und welche uns die Lust und den Trieb zu immer weiteren Untersuchungen geben.

Im Allgemeinen stellt sich die Eizelle nur als eine weiter entwickelte Gewebszelle dar, wie sie denn in der That auch aus Gewebszellen hervorgeht und zwar durch Weiterbildung einer sogenannten Epithelzelle (vergl. Abschnitt Epithel). Es wurde schon oben erwähnt, dass die Eizellen in der Regel vor den anderen

Fig. 28. 1. Eizelle aus dem Eierstock einer Unke (Durchschnitt); k Kern, welcher an der Oberfläche Zacken mit Chromatinkörnern enthält; i assimilirendes Plasma; d Nahrungsdotter; p äussere Plasmaschicht. Die Dotterkörner bilden sich peripher und nehmen nach der assimilirenden Schicht hin an Grösse zu (2), in der letzteren werden sie umflossen und zum Zerfall gebracht (3). 4. Chromatinkorn mit Strahlenkranz. 5. Eierstocksei eines Fisches (Durchschnitt); m die sich bildende Eihaut; k Kern; n assimilirende Schicht; f Dotterschicht mit Oeltröpfchen; q äussere Schicht. 6. Querschnitt durch das reife Ei eines Fischegels (Wurmes), nur ein Viertel des Dotters ist voll ausgezeichnet; k Kern; c assimilirende Schicht; d körniger Nahrungsdotter; p periphere feinkörnige Schicht, die zu $^3/_4$ des Eiumfangs gezeichnet ist.

Gewebszellen durch eine Reihe von Stoffen ausgezeichnet sind, welche ihnen von aussen her zugeführt werden. Es bilden sich im Umkreis der Eizelle Hilfsgewebe aus, von denen die Ernährung u. s. w. eingeleitet wird. Ganz allgemein lässt sich weiterhin zwischen jenen Eizellen unterscheiden, welche im Innern des Organismus zur Entwicklung gelangen, und zwischen jenen, welche nach aussen abgelegt werden, um dann ausserhalb des mütterlichen Körpers, oft auch ohne von der Mutter berücksichtigt zu werden, ihre Entwicklung zu durchlaufen. Dementsprechend muss auch die Structur der Eizelle eine verschiedene sein. Entwickelt sie sich im Körper weiter, so ist es möglich, dass vom Körper selbst fortwährend Stoffe dem sich bildenden neuen Individuum zugeführt werden. Entwickelt sie sich

aber im Freien, ausserhalb des Körpers, weiter, so könnten höchstens nur wenige Stoffe noch von aussen her in die Eizelle hineingelangen. Diese wenigen Stoffe sind Sauerstoff aus der Luft, den keine Zelle und eben so auch keine Eizelle bei ihrer Entwicklung entbehren kann, und zweitens können bei jenen sich im Wasser entwickelnden Zellen noch Wassertheilchen dem Ei hinzugefügt werden. Es müssen daher die Eier, welche sich ausserhalb der Mutter weiter bilden, alle diejenigen Stoffe in sich eingeschlossen enthalten, die zum Aufbau des jungen Individuums verwandt werden. Es muss also eine grosse Menge von Nahrungsmaterialien, Salze u. s. w. innerhalb der Eizellen zur Ablagerung gelangen. Endlich sind auch jene nach aussen abzulegenden Eier mit Schutzapparaten versehen; theils haben diese dazu zu dienen, äussere mechanische Einwirkungen abzuhalten, theils sind sie dazu bestimmt, ein Verdunsten des Einhalts zu verhüten und die Form desselben zu wahren.

Schon diese wenigen Mittheilungen ergeben zur Genüge, dass bei einer Betrachtung der Eier sowohl die hauptsächlichsten, activ thätigen Elemente in denselben, als auch die nebensächlichen Einrichtungen eine gebührende Berücksichtigung erfahren müssen.

Die activ thätigen Theile der Eizelle sind das sogenannte Keimbläschen oder der Kern der Zelle, das um diesen herumliegende Plasma und ausserdem meist noch einige peripherisch gelegene Schichten. Diese Theile fehlen in der That auch keiner Eizelle. — Die secundär anzutreffenden Theile sind das mehr oder minder reichlich entwickelte Dottermaterial und dann die äussere Haut, welche schalenartig werden kann und in der verschiedensten Weise ausgebildet ist. Dazu kommen dann noch weitere Substanzen, wie beispielsweise innerhalb des Hühnereies eine Reihe von Häutchen und Nahrungsmassen in Gestalt des Eiweisses u. s. w.

Als eine sehr einfache Eizelle tritt uns diejenige der höchsten Thiere und des Menschen entgegen, eben so finden sich einfache Eizellen bei den niedrigstehenden Thierformen.

Es wird genügen, wenn an dieser Stelle zunächst das Ei des Menschen und dann einige andere charakteristische Eizellen besprochen werden.

Die als Eier bekannten Keimzellen entwickeln sich innerhalb ganz bestimmter Organe, welche als Eierstöcke (Ovarien) bezeichnet werden. Beim Weibe stellen dieselben zwei grosse, rundliche

Massen dar, welche im Beckentheile des Körpers neben den inneren Geschlechtsapparaten gelegen sind. Untersucht man einen solchen Eierstock auf seine feinere Structur hin, so zeigt sich, dass er ein eigenthümliches Gewebeconglomerat darstellt, welches aus Bindesubstanzen, Blutgefässen, Nerven sowie Epithel- und Eizellen besteht. Ganz zu äusserst liegt auf jedem Eierstock eine Schicht, die sogenannte Epithelschicht des Ovariums. Dieselbe setzt sich aus einer Lage gleichartiger Zellen zusammen, von denen aus die Entwicklung sämmtlicher Eier vor sich gegangen ist. Bei dem sich entwickelnden Mädchen (innerhalb der Zeit vier Monate vor der Geburt bis zur Pubertät) bildet diese Epithelschicht die Mutterschicht für die bald entstehenden Eier. Es senken sich nämlich von ihr aus Züge in das Innere des Eierstockes hinein und zwar wuchern die Zellen zapfenförmig zwischen das Gewebe und die Blutgefässe der eigentlichen Eierstockssubstanz. Einige dieser Epithelzellen werden dann im Laufe der Zeit typische Eizellen, aus anderen werden Apparate, die dazu dienen, diesen Eizellen die Nahrung zuzuführen. So lange nämlich der Körper in der Entwicklung begriffen ist, so lange besitzen auch die Eizellen keine Functionen weiter. Im Umkreis einer jeden Eizelle bildet sich anfänglich eine kugelschalengleiche Schicht von Epithelzellen aus; von ihnen werden der Eizelle Nahrungsmaterialien in hinreichendem Masse zugeführt. Die Epithelschicht wird weiterhin immer mächtiger, sie entwickelt sich in mehreren Lagen um die Eizelle und ist dies geschehen, so rücken endlich die Lagen auseinander; es bildet sich nach und nach ein blasenförmiger Körper aus, ein sogenannter Follikel, und in diesem Eierstocksfollikel liegt dann die Eizelle; sie wird von den Follikelzellen oder Granulosazellen, wie sie genannt werden, fernerhin ernährt. Es dauert das Wachsthum des Eies verhältnissmässig lange, namentlich bis zur Zeit der Reife des Weibes, also bis mindestens zum dreizehnten, oder in südlichen Ländern bis zum zwölften, elften u. s. w. Jahre. Dann nehmen einige dieser Follikel bedeutend an

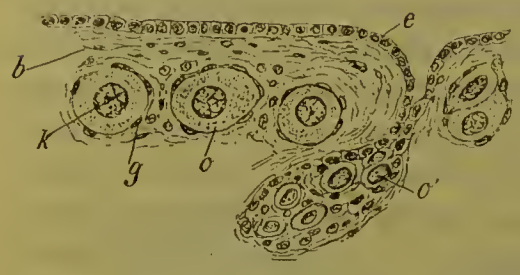


Fig. 29. Theil des Keimepithels vom Ovarium eines neugeborenen Mädchens. e Epithelschicht, welche sich einstülpt und aus sich die Follikelepithelzellen und primitiven Eier o' entwickelt; o gesondertes embryonales Ei; g Follikelepithelien.

Volumen zu, sie treten wulstartig an der Oberfläche hervor und hat dies stattgefunden, so platzt die äussere Wand des Follikels, die Eizelle wird nach aussen vorgeschleudert und gelangt in die Leibeshöhle hinein, um von da aus dann weiter in das Innere der inneren Geschlechtsorgane zu kommen. So lange die Eizelle noch sehr jung ist, besitzt sie äusserlich nur eine verhältnissmässig sehr zarte Membran; im Innern zeigt sie eine eigenthümliche Structur. Der Kern, das Keimbläschen, ist gross, meist rundlich; die übrigen Schichten der Zelle sind sämmtlich vorhanden. Dem Keimbläschen liegt zunächst eine hellere Zone auf, von der, wenigstens dürfen wir diesen Analogieschluss machen, Nahrungsmaterialien verdaut werden. Dann folgt eine körnige Nahrungsplasmazone. Es ist diejenige, welche der Dotterzone anderer Eier entspricht. Zu äusserst liegt dann wieder eine hellere Schicht, auf diese folgt noch eine sehr zarte, dünne Membran. In der weiteren Entwicklung gehen nun die verschiedenen Zonen ebenfalls verschiedene Umformungen ein, besonders erfahren die mittleren Schichten des Eies stärkere Entwicklungen; sie nehmen dem Keimbläschen gegenüber bedeutend an Volumen zu. Ausserdem ändert sich auch die Membran im Laufe der Zeit, sie wird stärker und zeigt schliesslich eine gewisse Mächtigkeit, ausserdem eine eigenthümlich streifige Structur, welche besonders nach Anwendung starker Systeme zu Tage tritt. Sie erweist sich als fein porös. Durch die Poren findet theils ein Stoffumtausch mit den nebenliegenden Geweben, theils aber auch findet durch dieselben das Eindringen der Saamenelemente statt. — Die Eizelle bleibt nun so lange einfach, als sie noch innerhalb des Eierstockes liegt. Hat sie denselben erst einmal verlassen, so gehen in ihr eine ganze Reihe von Veränderungen vor sich, die wir schon früher als Furchung beschrieben haben. Unter günstigen Umständen findet eine Befruchtung der Eizelle statt, dann kann sie sich im Innern des Körpers weiter entwickeln. Es geschieht dies

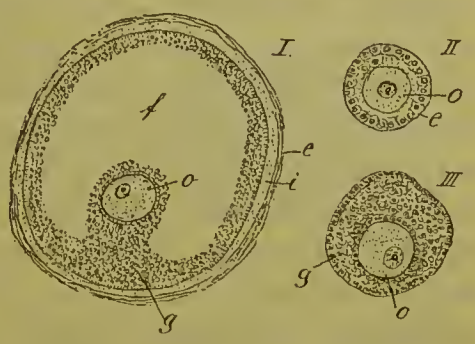


Fig. 30. Ovarialeier eines Kaninchens. I Reifer Follikel; e äussere, i innere Bindegewebshülle; g Granulosazellen; f Follikelinneres; o Ei. II Ganz junger Follikel; e Follikelepithel, in Bildung begriffen; o Ei. III Etwas grösserer Follikel; g Granulosazellen; o Ei.

in einer Weise, welche an dieser Stelle nicht näher besprochen werden kann.

Ganz ähnlich, wie sich nun die Eizelle des Menschen bildet, entstehen auch die Eier der höheren Säugethiere und diejenigen vieler anderer Thiere. Je weiter wir aber in der Thierreihe heruntergehen, um so einfacher erscheint der ganze Bildungsprocess der Eizelle. Schon bei Reptilien, Amphibien und Fischen sehen wir, dass die Zellen in der Wandung grösserer, sackförmiger Räume entstehen. Es legen sich hier die Gewebe nicht so complicirt und eng aneinander, aber trotz alledem erreichen die Eier eine viel grössere Complication, indem ihnen ja in der Regel noch Stoffe hinzugefügt werden müssen, welche eine Entwicklung ausserhalb des mütterlichen Organismus ermöglichen sollen. Bei den niederen Thieren, den sogenannten Wirbellosen, ist die Entwicklung der Eizelle oft noch einfacher. Es sind da die keimbereitenden Organe auf einfache Hohlräume, Röhren u. s. w. beschränkt, oder es bilden sich die Eier an bestimmten Stellen der Leibeshöhle oder der Körperwandung überhaupt durch Weiterentwicklung einzelner Körperzellen aus. Wo aber auch immer Eier entwickelt werden mögen, welche die Bestimmung haben, ausserhalb des Körpers zur Entwicklung zu gelangen, da finden sich auch Hilfstheile für die Entwicklung des Embryos, die wir oben schon kurz als Dotter der Eizelle bezeichneten.

Nächst dem Säugethierei oder dem Ei des Menschen ist das interessanteste dasjenige der Vögel. Untersuchen wir ein solches, so lässt es sofort eine Menge von verschiedenen Schichten erkennen, die zum Theil absolut gar keine Aehnlichkeit mit jenen haben, welche sich im Säugethierei vorfinden. Ganz zu äusserst liegt eine feste Schale. Dieselbe besteht zum grössten Theil aus Kalksalzen, die oft gefärbt erscheinen; unter dieser liegt noch ein filziges Gewebe. Dann folgt eine weitere Haut, die sich von der Schale etwas zurückzieht. Von dieser wird dann eine mächtig entwickelte Eiweissschicht umschlossen. Dieselbe stellt sich als eine helle, zähe, gallertige Flüssigkeit dar, die dazu bestimmt erscheint, dem sich entwickelnden Hühnchen das nöthige Wasser und einen Theil der Nahrungsstoffe darzubieten. Diese Eiweissschicht ist aber nicht einfach, sondern sie besteht aus mehreren Zonen; in ihr finden sich ausserdem ein Paar eigenthümliche Gebilde. Es sind das festere Eiweissmassen, die schnurartig gedreht erscheinen und sich von dem gleich zu besprechenden Dotter nach den beiden Polen des

Eies hinziehen. Sie werden als „Hagelschnüre“ (Chalazae) bezeichnet. Diese Hagelschnüre dienen dazu, die inneren Dottermassen stets in der richtigen Lagerung im Ei zu erhalten, ihr Umkippen zu verhindern, also ihre Gleichgewichtslage zu unterstützen. Der Dotter selbst stellt sich, äusserlich betrachtet, als grosses, gelb aussehendes Gebilde dar. Dasselbe besteht der Hauptmasse nach aus eigenthümlichen Eiweissstoffen, aus Fetten, Salzlösungen u. s. w. Wird es auf Schnitten untersucht, so zeigt sich, dass an einer Stelle desselben ein heller Fleck liegt, und zwar befindet sich derselbe am vollkommen ausgebildeten Ei an der Oberfläche. Dieser helle Fleck ist immer nach oben gerichtet, wenn sich das Ei in ebener Lage befindet. Es ist derselbe die sogenannte Keimscheibe. Sie stellt kein einfaches Gebilde dar, sondern erweist sich als aus zahlreichen Zellen zusammengesetzt. Das Ei ist nämlich bereits befruchtet worden und das Keimbläschen hat sich in mehrfacher Weise getheilt und, mit den es umgebenden Plasmaschichten, die Zellen der Keimscheibe entwickelt; sowie nun die nöthige Wärme eintritt, also bei der Bebrütung, vermehren sich die Zellen weiter, bilden zunächst mehrere Schichten und schliesslich den Embryo und das ausgebildete Hühnchen. Von der Keimscheibe aus erstreckt sich nach dem Eiinnern zu ein helles Plasma, welches bis in die Mitte des Dotters hineinzieht und wahrscheinlich dazu dient, aus dem Dotter Nahrungsmaterialien aufzunehmen und umzuwandeln. Es sind jedoch die Verhältnisse hier noch nicht vollkommen untersucht, denn es stellen sich der Untersuchung grosse Schwierigkeiten entgegen, weil die meisten Processe der ersten Umformungen im Innern des Organismus vor sich gehen.

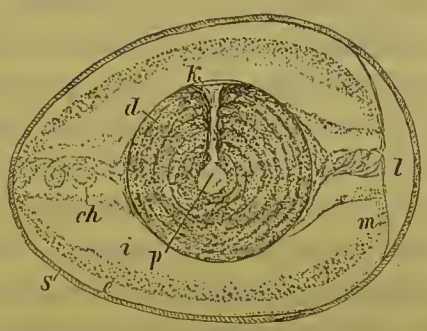


Fig. 31. Querschnitt durch ein Vogelei. s Eischale; l Luftraum; m äussere Hülle; e äussere, i innere Eiweissschicht; ch Chalazen; d Dotter mit dem Kern k; p mit hellem Dotter gefüllter Hohlraum, sogen. Purkynie'sche Latebra.

Auf den frühesten Stadien ist aber auch die Eizelle des Vogels nur eine einfache Zelle, welche im Innern des Eierstocks gebildet wird; sie zeichnet sich vor den übrigen Zellen nur dadurch aus, dass ihr von dem umliegenden Gewebe grössere Mengen von Nahrungsmaterialien zugeführt werden, die sie nach und nach in

besonderen Schichten aufspeichert, zunächst rings um das Keimbläschen herum. Es lässt sich schon sehr bald constatiren, dass diese Materialien mit dem später auftretenden Dotter grosse Uebereinstimmung haben und auch als solcher aufzufassen sind. Hat erst die Eizelle eine gewisse Grösse erreicht, so rückt das Keimbläschen mehr an die Oberfläche des Eies und schliesslich liegt es ganz oberflächlich, wenn das gesammte Dottermaterial abgeschieden ist. — Der reife Eierstock besitzt, da in ihm meist zahlreiche Eier in verschiedenen Entwicklungsstadien vorhanden sind, ein traubiges Aussehen. Von Zeit zu Zeit löst sich auch hier eine Eizelle ab. Dieselbe besteht dann aus der eben geschilderten gelben Dottermasse mit den zugehörigen Keimbläschen u. s. w. Sie rutscht in den sogenannten Eileiter hinein, wird daselbst befruchtet und durchläuft im Eileiter schon eine Reihe von Veränderungen, die wir als Furchung bezeichnet haben. Ausserdem scheiden die inneren Schichten des Eileiters helle Massen ab, die sogenannten Eiweisssubstanzen. Dieselben legen sich um die Eizelle herum. Ist das geschehen, so werden endlich im letzten Abschnitt die äusseren Häutchen gebildet, daraufhin erfolgt noch die Ausscheidung der Kalkschale und endlich diejenige der Farbstoffe, welche in der Kalkschale eingeschaltet erscheinen. Der ganze Process der Eibildung dauert beim Vogel immerhin schon einige Zeit. Wenn das Ei fertig ist und nach aussen abgelegt wird, so haben wir keine einfache Zelle mehr vor uns, sondern einen Zellhaufen mit einer grossen Anzahl von Nebenapparaten, die dazu dienen, die Weiterbildung dieses Zellhaufens zu ermöglichen.

Ganz ähnlich, wie es hier nun der Fall ist, scheinen auch die Eier einiger niederer Thiere complicirt gebaut. Diejenigen der Reptilien werden ebenfalls von einer äusseren Hülle umkleidet, aber im Innern bilden sich um die Dotterelemente herum nicht jene complicirten Eiweissschichten mit den Bandapparaten u. s. w. Noch einfacher sind schliesslich die Eier der Amphibien. Dieselbe stellen auch grössere Dottermassen dar, die zum Theil dunkel gefärbt erscheinen. Wenn das Ei aber durch den Eileiter hindurchgeht, so wird ihm keine feste Schale und dergleichen zugefügt, sondern nur eine dünne Schicht von Eiweiss, welche aber die Eigenthümlichkeit besitzt, aus dem Wasser grössere Quantitäten desselben aufzunehmen, sie quillt, wie wir zu sagen pflegen, und deshalb werden die Eier des Frosches z. B. sehr bald nach der Ablage gross, blasig, gallertig; sie umgeben sich mit einer mehrere Millimeter dicken,

durchsichtigen gallertigen Hülle, in welcher der eigentliche Dotter nur als verhältnissmässig kleines, dunkles Kügelchen gelegen ist. Diese Massen dienen dazu, theils dem Dotter Schutz zu gewähren, theils aber auch dem sich entwickelnden jungen Froschembryo in der ersten Zeit die nöthige Nahrung zu liefern, die er noch nicht selbstständig aufzusuchen vermag. — Die Eier der Fische zeichnen sich vielfach dadurch aus, dass sie von sehr festen Hüllen umgeben werden, jedoch sind diese Schalen hornartig, sie besitzen aber häufig Eigenthümlichkeiten, welche sie vor den Schalen der höheren Wirbelthiereier bemerkenswerth erscheinen lassen. Es wird nämlich die Schale eher gebildet, ehe eine Befruchtung eingetreten ist. Sie enstehen schon innerhalb der Eierstöcke und werden von besonderen Zellen der Eierstockwand abgeschieden, nachdem zunächst diese Zellen dem Ei auch schon die Nahrungsmaterialien zugeführt haben. Sowie nun das Ei fertig ist, wird es als solches nach aussen abgelegt und dann erst befruchtet, d. h. das Weibchen legt seine Eier packetweise ab, das Männchen schwimmt darüber hin und befruchtet sie dadurch, dass es das Sperma, die sogenannte Fischmilch, einfach darüber fliessen lässt, worauf hin dann die einzelnen Saamenelemente, welche wir später noch näher beschreiben werden, je ein Ei aufsuchen müssen und in dasselbe dann einzudringen versuchen. Um dies Eindringen zu ermöglichen, besitzt das Ei an einer Stelle einen kleinen Apparat, welcher sich als ein feines Röhrchen darstellt und als Mikropyle bezeichnet wurde. Es liegt in einer kleinen Vertiefung und geht in etwas gebogener Form von aussen nach innen.

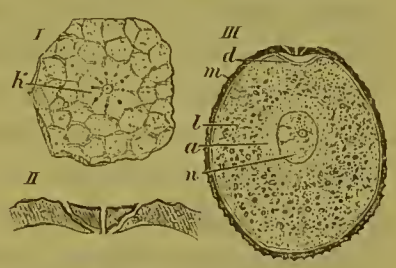


Fig. 32. Mikropylapparat auf einem Insectenei. I Ansicht der Eischale mit den radiären Kanälchen k von oben. II Querschnitt durch die Eischale stark vergrössert, das mittlere und zwei seitliche Kanälchen im Durchschnitt. III Durchschnitt durch das ganze Ei; m Eihaut mit Mikropylapparat, d Dotterhaut, unter der Mikropyle zurückgezogen, l Dotter, a assimilirende Schicht im Umkreis des Keimbläschens n.

Ganz ähnlich wie die Fischeier entstehen auch diejenigen einer Anzahl Gliederfüssler, besonders die Eier der Insecten. Auch hier wird die Eizelle mit reichlichem Dottermaterial versehen, weil ja die meisten Insecteneier nach aussen abgelegt werden. Weiterhin scheiden sich aber auch um diese Dottermassen feste Chitin-Hüllen ab, Chitin ist ein dem Horn ähnlicher Stoff. Es sind dieselben

nicht Producte der Eisubstanz selbst, sondern sie verdanken jenen, dem Ei im Eierstock anfliegenden Zellen ihren Ursprung. Auch hier werden die Eier erst befruchtet, wenn sie auf dem Wege nach aussen sind, allerdings meist noch im Innern des Körpers. Es besitzt ein jedes Ei ebenfalls wieder einen solchen Mikropylapparat. Derselbe besteht aber nicht wie bei den Fischen nur aus einer einzigen Röhre, sondern in vielen Fällen aus zahlreichen feinen Kanälchen, welche kreis- oder rosettenförmig an einem Pol des Eies ausgebildet sind.

Wir kennen weiterhin unter den Insecten solche Formen, welche eine junge Brut im Innern des Körpers erzeugen. Bei denselben wird zum Theil ein fest umhülltes Ei, von der hier geschilderten Structur, gebildet, welches nicht nach aussen abgelegt wird, sondern sich im Innern des mütterlichen Organismus weiter entwickelt, so dass später sofort vollkommen ausgebildete Individuen geboren werden. So ist es beispielsweise bei einigen Fliegen, z. B. unserer Schmeissfliege, welche gleich eine Anzahl Maden zur Welt bringt, so ist es bei anderen Insecten, bei denen im Innern eine grössere Menge von Larven entstehen, die später nach aussen hervortreten und ein selbstständiges Dasein führen können. Bei den lebendig gebärenden Blattläusen gehen aber die Verhältnisse vollkommen anders vor sich. Es bilden sich dort einfache Eizellen, die ganz den Charakter der in den Säugethierkörpern vorkommenden Eier tragen. Sie besitzen keine stärkere Membran, sind verhälltnissmässig klein und erhalten auch keine grössere Menge von Nahrungssubstanz mit. Ihre Weiterentwicklung geschieht auch im Innern des Körpers. Aber um sie zur Entwicklung zu bringen, müssen, wie bei den Menschen und den übrigen Säugethieren, die im Umkreis des Eies liegenden Gewebe das nöthige Nahrungsmaterial fortwährend schaffen. Nach und nach entwickelt sich dann aus der einfachen Zelle ein kleiner Embryo, welcher die Mutter als ausgebildetes Individuum verlässt und gleich befähigt ist, bei günstigen äusseren Bedingungen, in seinem Innern eine neue Brut zu erzeugen. Es haben auch meist die Blattlausembryonen, kurz bevor sie geboren werden, schon wieder Embryonen in ihren Eischläuchen, so dass hier in der That mehrere Generationen ineinander eingeschachtelt erscheinen.

Zahlreiche nach aussen abgelegte Eier werden nun noch ausserdem mit mannigfachen Schutzapparaten versehen, viele niedere Thiere heften dieselben beispielsweise vermittelst längerer Fädchen auf Fremdkörper an. Auch von den höheren Thieren kennen wir Eier.

welche äusserlich Schutzapparate tragen, so beispielsweise diejenigen der Haifische. Die Hüllen derselben sind platt, viereckig, an den vier Zipfeln in lange, gewundene, spiralige Fäden ausgezogen, vermittelst dieser Fäden werden die Eier in Algen und Tang eingehangen und daselbst befestigt, sie entwickeln sich also schwebend im Wasser und dadurch wird eine Versandung der Eier oder ein Untergehen auf dem Boden möglichst vermieden.

Die später hinzutretenden Hüllen der Eier sind in vielen Fällen sehr zierlich und hübsch gebaut. Auf ihrer Oberfläche können Erhabenheiten zum Vorschein kommen, welche in Gestalt von Leisten, Zacken, Spitzen u. s. w. auftreten und besonders bei den Eiern der Gliederfüssler, einiger Insecten und Krebse, in zierlichster Weise angeordnet sind. Viele niedere Thiere umgeben ausserdem ihre Eier, um sie zu schützen, noch mit eigenartigen Hüllen; es werden mehrere in Packete zusammengelegt und dann mit den Secreten verschiedener Drüsen umgeben, es finden sogenannte Coconbildungen statt; dieses treffen wir bei einzelnen Insecteneiern, dann bei den Eiern der meisten Spinnen, welche mit einem dichten Gespinnst umhüllt werden, und ebenso auch bei den Eiern einiger Würmer, z. B. des Blutegels. Die Küchenschwaben gehören zu jenen Insecten, die ihre Eier mit einem sehr festen, zierlichen Cocon umgeben. Derselbe besitzt eine bohnenförmige Gestalt, ist dunkelbraun, glänzend; in ihm kommen die Eier zur Weiterentwicklung. Die jungen Individuen müssen selbstverständlich den Cocon durchbohren, um dann nach aussen zu gelangen.

Die Saamenelemente des Thieres. Während die Eizellen grössere Gebilde darstellen und das Bestreben zeigen, durch Aufnahme von neuer Bildungssubstanz ein möglichst grosses Wachsthum zu erlangen, sind die Saamenelemente nach einem ganz anderen Princip gebaut und entwickelt. Dieselben stellen sich auch nicht als einfache Zellen dar, sondern als Abkömmlinge von Zellen, denen man allerdings, falls man will, bis zu einem gewissen Grade den zelligen Charakter nicht absprechen darf. Die Saamenelemente entstehen, ebenso wie die Eier, entweder an verschiedenen Körpertheilen des Thieres, ohne dass es dabei zur Ausbildung vollständiger Organe käme, oder sie bilden sich innerhalb gewisser Organe, die dann stets in der Form von Drüsen oder schlauchförmigen Apparaten ausgebildet sind und sich in der verschiedensten Weise angelegt und ausgebildet zeigen. Schon bei der Besprechung der Eier wurde erwähnt, dass sich die Eizelle als eine umgewandelte Epithelzelle

auffassen liess; auch die Saamenelemente lassen sich in dieser Weise betrachten. Denn innerhalb der Schläuche, welche wir als Hoden oder als Saamenkanälchen bezeichnen, finden sich ebenfalls Zellen, welche nach Art eines Epithels eng aneinander gelagert sind, die Auskleidung der Schläuche bilden und aus sich die Saamenelemente hervorgehen lassen. Sie werden auch als die Mutterzellen des Saamens, Spermamutterzellen bezeichnet. Auch hier ist wieder zu erwähnen, dass bei einigen Zwittern beiderlei Geschlechtsproducte innerhalb desselben Thieres entwickelt sind, so dass sich beispielsweise bei den Schnecken Saamen- und Eizellen nebeneinander vorfinden, ebenso bei vielen Würmern.

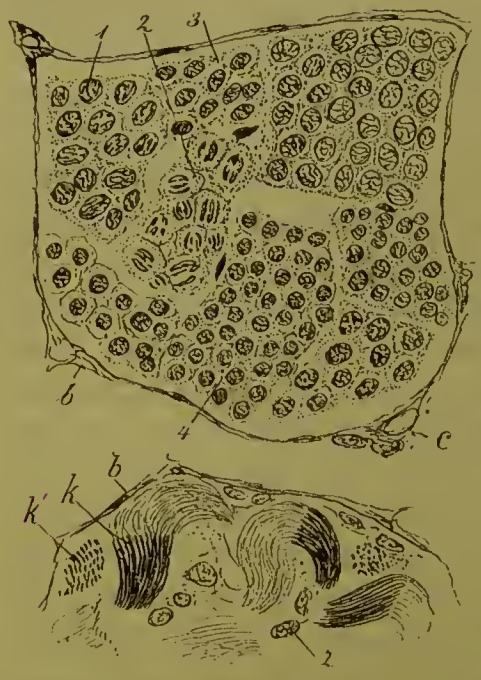


Fig. 33. Quersehnitt durch den Hoden von Salamandra maculosa. In der oberen Figur liegen zahlreiche, in bestimmte Gruppen zusammengefasste Spermamutterzellen. 1 Solche kurz vor der Theilung der Kerne; 2 Kerntheilung, Tönnchenform; 3 kleinere Kerne mit viel Chromatin; 4 noch kleinere rundliche, ebenfalls chromatinreich. Zwischen 1 u. 2 verläuft eine Lymphspalte. c Capillaren. Die untere Figur zeigt Theile eines Schnittes durch den nebenliegenden Hodenabschnitt, in welchem die fertigen Spermatozoen k aufgespeichert sind. z Zwischenbindegewebszellen.

Wie Seite 74 erwähnt wurde, führen die Saamenelemente die Bezeichnung Spermatozoen, weil ihnen eine eigene Beweglichkeit zukommt. Ausserdem besitzen sie aber noch eine Menge von Eigenthümlichkeiten, welche sie von den Eizellen scharf trennen. Bei der Untersuchung der Saamenmutterzellen eines Wurmes, z. B. lässt sich leicht der gesammte Entwicklungsprocess der Spermatozoen verfolgen. Es zeigt sich zunächst, dass in den Zellen eine Kerntheilung vor sich geht und zwar in ganz ähnlicher Weise wie innerhalb der Cysten eines Protozoons z. B. einer Amöbe oder eines Infusoriums. Nachdem sich die Kerne getheilt haben, rückt einer derselben an die Oberfläche und theilt sich daselbst ziemlich schnell weiter, d. h. er bildet zwei neue Kerne, die dann ihrerseits wieder in je zwei zerfallen, so dass sich innerhalb der ursprünglichen Saamen-

mutterzelle zunächst 2, dann 3, 5, 9 u. s. w. Kerne vorfinden. Dieselben liegen als kleine, hellglänzende Gebilde dicht unter der Zelloberfläche. Alsbald lässt sich nun constatiren, dass auch der übrige Inhalt der Zelle eine eigenthümliche Umbildung erfährt. Die Zellsubstanz erscheint nämlich faserig gestreift und zwar derartig, dass die Fasern von den Kernen auszugehen scheinen und sich dann im Innern der Substanz selbst wellenförmig oder ringförmig verbreiten. Diese Differenzirungen haben ihren ganz bestimmten Zweck; aus den Kernstücken entstehen nämlich später die Köpfe der Spermatozoen, aus der streifigen faserigen Substanz entsteht der hintere Abschnitt, der sogenannte Schwanztheil des Saamenelementes. Zu einer gewissen Zeit werden die äusseren Membranen der Spermamutterzelle durchbrochen und die Spermatozoen gelangen dann nach aussen. Sie zeigen nun ihren typischen Bau; an einem Pol das ursprüngliche Kerntheilungsstück — es bildet den sogenannten Kopf des Spermatozoons; am anderen Theil ein langer, dünner Faden, welcher den Schwanztheil darstellt. Mit schwächeren Vergrösserungen betrachtet, lassen die Spermatozoen wenig oder gar keine Differenzirungen ausser den ebengenannten erkennen; wendet man jedoch stärkere Systeme an, so zeigt sich, dass der Kopfabschnitt nicht ganz gleichmässig gebaut erscheint, sondern unter Umständen in zwei aufeinanderfolgende Theile zu zerlegen ist, von denen der an dem Schwanzabschnitt gelegene vielleicht zum Theil die Bewegungen des gesammten Gebildes mit einleitet. Im Uebrigen besitzt der Kopf die Functionen, in die Eizelle einzudringen. Dies Eindringen wird ihm theils durch pendelnde Schwingungen des Schwanzes, theils durch seine eigenthümliche Form gestattet. Ist er in die Eizelle eingedrungen, so geht jener Process, den wir Seite 71 u. f. als Befruchtung kennen gelernt haben, vor sich. Es ist also gewiss,

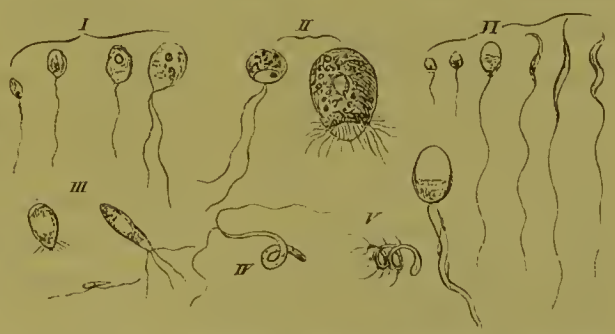


Fig. 34. Schwärmer und Saamenelemente. I Amöbenschwärmer in verschiedener Grösse. II Algenschwärmer mit grünem Chlorophyll. III Algenschwärmer, sogen. männliche Schwärmer. IV Schwärmer eines Mooses. V Schwärmer eines Farrenkrauts. VI Spermatozoen des Menschen (links unten) und verschiedener Wirbelthiere. (Alle Figuren stark vergrössert.)

dass in dem Kopf des Saamenelementes eine grosse Menge von Eigenschaften eingeschlossen liegen, die erst später bei der Entwicklung eines neuen Individuums vollkommen zu Tage treten. Diese oft winzigen Elemente vermögen es ja, das Ei derartig umzugestalten, dass das sich entwickelnde Individuum Eigenthümlichkeiten zeigt, welche nur dem väterlichen Körper eigen waren. Ja, es können diese Eigenthümlichkeiten durch Generationen hindurch schlummern, so dass oft erst die Urenkel oder Ururenkel die Merkmale des betreffenden männlichen Individuums zeigen. So kennen wir auch beispielsweise Fälle, wo ein Mann irgend welche Characteristica an sich trug, die sich nur wieder beim männlichen Geschlechte vorfinden konnten. Die Kinder waren Töchter, die Kinder der Töchter wieder Töchter und erst die Urenkel zum Theil Söhne, und doch hatten diese Urenkel durch zwei Generationen von Mutter und Grossmutter hindurch die Eigenthümlichkeiten des Urgrossvaters geerbt. Worauf dies beruht, vermag man zur Zeit absolut noch nicht zu bestimmen, dass aber an den kleinen Theil des Spermatozoons, welchen wir als Kopfabschnitt betrachten, das Vermögen der Vererbung gebunden ist, scheint ziemlich sicher.

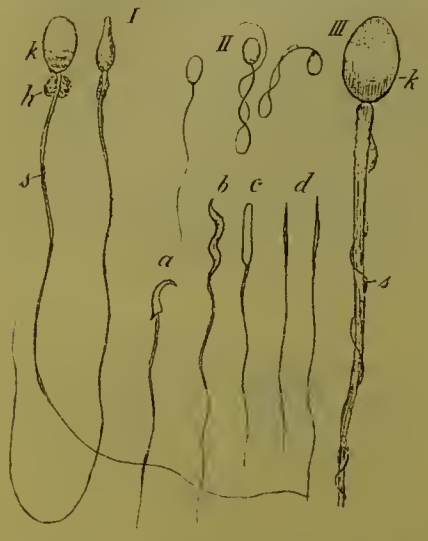


Fig. 35. Spermatozoen der Wirbelthiere, stark vergrössert. I Spermatozoen des Menschen von der Fläche (linke) und der Seite (rechte Figur) gesehen; k Kopf, h Hals, s Schwanz. II Spermatozoen des Menschen (schwächer vergrössert) nach Einwirkung von Wasser. III Kopf k n. Schwanz s mit Spiralsaum des menschlichen Spermatozoons. a Spermatozoon der Ratte, b des Sperlings, c eines Fisches, d des Salamanders.

Die Formen nun, in welchen uns die Spermatozoen entgegentreten, sind sehr wechselnder Art. In vielen Fällen lassen sie sich mit Stecknadeln vergleichen. Der Kopf ist dann rundlich oder platt, löffelförmig, der Schwanz langgestreckt. In anderen Fällen ist der Kopf hakenförmig oder er ist spiralig gedreht, gebogen u. s. w. Ausserdem kennen wir Spermatozoen, denen die eigene Beweglichkeit mangelt; so stellen sich beispielsweise beim Flusskrebs die Saamenelemente dieses Thieres als platte Scheibchen dar, welche sich am Rande in verschiedene Ausläufer ausziehen. Einige Thiere, so z. B. die lebendiggebärende Sumpfschnecke, besitzen doppelte Formen der

Spermatozoen, d. h. es bilden sich innerhalb derselben Organe zwei verschiedene Arten solcher Keimproducte aus; aus welchem Grunde, ist uns vorläufig auch noch vollkommen unbekannt.

Bei der Bewegung der Spermatozoen lassen sich zweierlei Momente unterscheiden, entweder werden sie frei nach aussen und zwar dann stets in das Wasser ausgeschieden, oder sie werden direct in den weiblichen Körper übertragen. In dem ersten Falle suchen sie selbstverständlich die Eizellen, in deren Umgebung sie sich befinden, auf, um dieselben dann zu befruchten. Im letzteren Falle werden sie in ihren Bewegungen schon durch die Beschaffenheit der weiblichen Organe bestimmt. Stets aber ist zu berücksichtigen, dass sich die Spermatozoen nur innerhalb flüssiger Massen zu bewegen vermögen. Bei den höheren Thieren und bei allen jenen, bei denen eine Begattung stattfindet und die Saamenelemente in das Innere der weiblichen Geschlechtsorgane hineingelangen, da müssen auch bestimmte Stoffe vorhanden sein, welche den Spermatozoen die weitere Bewegung ermöglichen. Von diesen Thieren lässt sich auch so ziemlich allgemein behaupten, dass Wasser auf die Bewegung der Spermatozoen einen schädlichen Einfluss ausübt. Im Allgemeinen gelten die Sätze, dass sehr verdünnte Alkalien die Bewegung beschleunigen, also verdünnte Lösungen von doppeltkohlensaurem Natron oder sehr verdünnte Kali- oder Natronlauge u. s. w. Andererseits hemmen stärkere Lösungen der Alkalien die Bewegungen anfänglich und vernichten sie vollständig, wenn sie innerhalb grösserer Zeiträume auf die Spermatozoen einwirken. — Ganz ähnlich wie sich die Alkalien verhalten, verhalten sich die Säuren, nur dass dieselben in höheren Concentrationsgraden noch empfindlicher einzuwirken vermögen. Schwache elektrische Reizungen vermehren die Bewegungsfähigkeit der Spermatozoen, starke bewirken zunächst einen Ruhezustand und endlich ein vollkommenes Aufhören der Bewegungen. Anderen Reagentien, als den oben genannten, gegenüber verhalten sich die Spermatozoen ziemlich resistent. So sind sie widerstandsfähig gegen eine grosse Anzahl von Substanzen, welche für gewöhnlich den Bau der Zelle vollkommen vernichten. Der Kopftheil ist in der Regel durch verschiedene Färbemittel sehr intensiv zu tingiren, d. h. er enthält grosse Mengen von färbbarer, beziehungsweise chromatischer Substanz. Der Schwanztheil bleibt immer blass oder färbt sich nur unter Umständen sehr schwach.

Was die Lebensfähigkeit innerhalb der weiblichen Apparate

anlangt, so ist dieselbe eine sehr verschiedene. Beim Menschen lässt sich annehmen, dass die Spermatozoen, innerhalb der Scheide oder des weiblichen Uterus, sieben, vielleicht vierzehn Tage activ wirksam zu bleiben vermögen, also innerhalb der Zeit Eier befruchten können. Bei anderen Thieren ist diese Zeitdauer verschieden lang. Es ist sicher, dass beispielsweise eine Bienenkönigin nur einmal im Leben befruchtet wird, und dass dann die Spermatozoen lange Zeit hindurch, oft mehrere Jahre, lebensfähig bleiben. Auch von Säugethieren haben wir Beispiele, wo eine Begattung längere Zeit vor der Befruchtung stattfindet, so beispielsweise bei den Fledermäusen. Dieselben begatten sich im Hochsommer, die Eier werden aber erst im nächsten Frühjahr befruchtet. Häufig werden auch die Spermatozoen mit besonderen Schutzapparaten umgeben, um möglichst sicher mit den Eiern der Weibchen in Berührung gebracht zu werden. Eine grosse Anzahl von Thieren ballt die Spermatozoen zusammen, umgiebt sie mit einer Masse, welche erhärtet und nun die Saamenelemente packetweise umhüllt. Wir bezeichnen ein solches Packet als Saamenpacket, Spermatophore. Die Spermatophoren werden dann meist als solche in die weiblichen Geschlechtsöffnungen hineingebracht, um dort erst aufgelöst zu werden, so dass der Inhalt derselben frei nach aussen treten kann. Am eigenthümlichsten aber findet wohl die Befruchtung bei einigen Tintenfischen statt, indem hier einer der um den Mund herum stehenden Arme mit Spermatophoren angefüllt wird, sich dann von dem Körper des Thieres loslöst und nun selbstständig im Wasser weiter lebt und dann eventuell gelegentlich in die Geschlechtsapparate des weiblichen Tintenfisches hineingebracht wird. Bei vielen Thieren finden sich, um die Bewegungen der Spermatozoen zu beschleunigen, längere Zeit andauernd zu machen, noch drüsige Organe innerhalb des Geschlechtsapparates entwickelt. Das Secret dieser Drüsen wird mit den Saamenelementen in die weiblichen Geschlechtsapparate hineingebracht und dient dazu, hier die Bewegungen der Spermatozoen anzuregen, vielleicht auch, ihnen für einige Zeit die nöthigen Nahrungsmaterialien abzugeben.

Die Eizellen und Saamenzellen bilden zusammen auch Gewebe, wenn wir sie vom allgemeinen Standpunkt aus betrachten. Es sind dann diese Gewebe als sogenannte vegetative aufzufassen. Als weitere vegetative Gewebe wären nun jene zu bezeichnen, welche die Ernährung und Athmung des gesammten Individuums veranlassen. Im Gegensatz zu denselben könnte man animale Gewebe unter-

scheiden und als solche diejenigen zusammenstellen, denen die Bewegungen, dann die Sinnesempfindungen u. s. w. zukämen.

Es ist diese Eintheilung zwar keine vollkommen sicher durchführbare, aber sie gestattet es wenigstens, dass man sämmtliche Organe und Gewebe von einem einheitlichen Gesichtspunkt aus betrachtet.

Die vegetativen Gewebe stellen nun im Allgemeinen Flächen dar, vermittelst derer sie wirken. In diesen Flächen sind die einzelnen Zellen eng nebeneinander gelagert und zeigen im Grossen und Ganzen eine Reihe von Uebereinstimmungen, sowohl in ihrem Bau als auch in ihren Functionen.

B. Zellen geschlossener Gewebe.

Während die eben besprochenen Zellen des thierischen Körpers doch wenigstens eine gewisse Zeit lang eine Selbstständigkeit besitzen, wenngleich sie auch immerhin von den übrigen Körpergeweben abhängig bleiben, zeigen die jetzt zu besprechenden Zellen und Zellcomplexe keine Selbstständigkeit mehr, sondern sie müssen stets im Zusammenhang bleiben, ja sie müssen unter Umständen mit anderen Geweben fest in Verbindung treten, wenn sie irgendwie normal functioniren wollen. Werden die Zellen aus dem Zusammenhang losgelöst, so vermögen sie nicht länger weiter zu existiren, sondern sie gehen nach einiger Zeit zu Grunde. Allerdings ist die Zeitdauer, innerhalb welcher dieses geschieht, für verschiedene Zellen eine sehr verschieden lange. Während manche, wie beispielsweise die Nervenelemente, die Sinnesepithelien u. s. w., sofort Veränderungen zeigen, wenn sie aus dem Zusammenhang gelöst werden, bleiben andere noch längere Zeit hindurch lebensfähig. Wir können verschiedene Zellgruppen unterscheiden, so die Epithelien, also jene Schichten, welche das Innere aller Organe überziehen oder auch die Aussenfläche des Körpers bilden. Ihnen schliessen sich die Endothelien an. Es sind das Zellcomplexe, welche hauptsächlich im Innern der Gefässe auftreten. Dann haben wir von Drüsenzellen zu sprechen, weiterhin von Muskelzellen, Nervenzellen und Sinneszellen. Alle diese verschiedenen Zellen werden aber untereinander wieder durch gewisse Elemente zusammengehalten. Die Gewebe, welche solche Verbindungen besorgen, werden ganz allgemein als Bindesubstanzen oder -gewebe bezeichnet. Zum Theil sind diese Bindesubstanzen lockerer Art. Die einzelnen Zellen bleiben weich,

geschmeidig, zum Theil scheiden sie aber auch Zwischensubstanz aus und werden dann, wie der Knorpel und Knochen, sehr fest und unter Umständen sehr elastisch.

1. Die Epithelien.

Wie schon oben kurz erwähnt wurde, sind als Epithelien*) jene Zellen aufzufassen, welche entweder auf der Aussenseite des Körpers oder an der Innenfläche der röhren- oder sackförmigen Organe, in geschlossenen Geweben oder Schichten auftreten. Sie stammen aus dem äusseren und inneren Keimblatte. Entweder treten die Epithelien einschichtig oder mehrschichtig auf. Als mehrschichtiges Epithel ist beispielsweise die äusserste Lage der Haut zu betrachten, als einschichtiges Epithel sind die Auskleidungen vieler Drüsen des Darmes u. s. w. anzusehen. Den Functionen nach lassen sich die Epithelzellen wieder in mehrere Gruppen trennen, so in Nervenepithel, Sinnesepithel, Drüsenepithel, Schleimhautepithel, Hautepithel. Wir werden im Laufe unserer Betrachtungen diese Epithelien noch näher zu besprechen haben und mögen daher vorläufig diese Andeutungen genügen.

Einschichtiges Epithel. Die einfachsten Formen dieses einschichtigen Epithels können wir uns vergegenwärtigen, wenn wir den Körper der Hydra wieder in Betracht ziehen. Es ist schon verschiedentlich erwähnt worden, dass die Hydra aus zwei Zellschichten besteht, von denen jede eigentlich den Charakter eines Epithels hat Die äussere ist nur in einzelnen Zellindividuen wieder differenzirt, während die innere Schicht gleichmässiger ausgebildet erscheint. Solch' einfache, epithelartige Schichten kommen nun bei den niederen Thieren in grösseren Mengen vor. Bei denselben sind ja bekanntlich die verschiedenen Organe noch ziemlich einfach gebaut und in Folge dessen sind auch nur wenige Zellschichten ausgebildet. Allerdings kommen häufiger einzelnen Zellen oder Zellschichten mehr Functionen zu, als dies bei den höheren Thieren der Fall ist. Beim Menschen und den höheren Thieren überhaupt findet sich eine einschichtige

*) Die Bezeichnung Epithel ist eine höchst unglücklich gewählte, denn ursprünglich bedeutet der aus dem Griechischen stammende Name „Epithel" das „über der Brustwarze" gelegene Häutchen. Wie nun also die Auskleidung des Darmes oder des Geschlechtsapparates davon hergeleitet ist, erscheint unverständlich. Noch kühner verfuhr dann ein Anatom, welcher den Namen Epithel nahm, die erste Silbe strich, dafür die Vorsilbe „Endo", d. h. innerlich, einführte und als Endothel dann die Auskleidung der Blutgefässe, der Gelenkapparate u. s. w. bezeichnete.

Epithelschicht auch innerhalb verschiedener Organe, so besonders im Verdauungsapparat und dann in zahlreichen der mit diesem zusammenhängenden Drüsen. In einer einfachen Lage wird die gesammte Schleimhaut des Magens und Darmes von Epithelien überkleidet. Aber es muss auch hier angenommen werden, dass diese Epithelschichten an den verschiedenen Stellen nicht gleichartig sind. Ihre physiologischen Eigenschaften, d. h. die Functionen, welche sie auszuüben haben, weichen, wenigstens an vielen Stellen, voneinander ab und daraus können wir schon a priori schliessen, dass auch die histologischen Verhältnisse differente sein werden, dass also die feinere Structur der einzelnen Zellen oder auch der gesammte Körper derselben unter Umständen verschieden ausgebildet ist. Bei einem Theil der in den Verdauungsapparat eingehenden Epithellage, besonders in der Rachenhöhle, haben wir jene Schichten vor uns, die als Flimmerepithelien bezeichnet werden. Es sind dies Zellen, welche an der freien Fläche, also an jener Seite, die dem Hohlraum, welchen die Zellen auskleiden, zugekehrt ist, mit eigenthümlichen fadenförmigen Fortsätzen bedeckt erscheinen, ganz ähnlich, wie der Körper der Infusorien und vieler niederer Protozoen ebenfalls mit Wimpern oder Geisseln ausgestattet ist. Solches Flimmerepithel findet sich dann weiterhin hauptsächlich in dem sich an den Vorderdarm ansetzenden Athmungsapparat. Die innere Auskleidung des Kehlkopfs, der Luftröhre und ihrer Verzweigung besteht aus solchen Flimmerzellen. Diese haben die Function, Staubtheilchen, Schleim u. s. w., welche in die Athemwege hineingekommen sind, aus denselben zu entfernen. Durch die Schwingungen der einzelnen Flimmerhaare werden die Theilchen nach einer Richtung hin vorwärts bewegt und zusammengeballt, um dann bei Hustenreiz nach aussen befördert zu werden. Der Effect solcher Flimmerzellen lässt sich sehr leicht nachweisen, wenn man

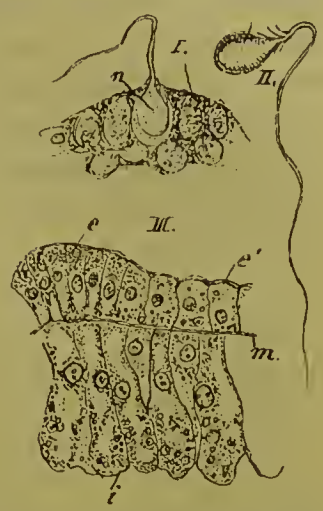


Fig. 36. Gewebstheile einer Hydra (vergl. hierzu Fig. 20). I Nesselbatterie von der Fläche eines Tentakels (optischer Durchschnitt), n Nesselzelle mit ausgestrecktem Faden. II Isolirte Nesselkapsel mit ausgestrecktem Faden. III Theil eines Schnittes durch den hinteren Körpertheil, e hohe, e' niedrige Ektodermzellen, m sogenannte Muskelfaserzone, i Entodermzellen.

einem Frosch die Mundhöhle weit öffnet und durch ein zwischengestecktes Hölzchen das Schliessen derselben verhindert. Streut man nun auf die Innenfläche des Rachens, feinvertheilte, gefärbte Substanzen, z. B. Kohlenpulver, Carmin oder Indigo, so lässt sich alsbald constatiren, dass diese Farbmassen eigenthümliche Bewegungen zeigen. Es treten in ihnen Strömungen auf, zum Theil werden sie zusammengeballt und ist dies geschehen, so findet eine Fortbewegung der gesammten Masse nach dem freien Rachenabschnitt zu statt. Diese Zusammenballung und Bewegung geschieht nur durch die Flimmerzellen. Man kann solche Epithelzellen verhältnissmässig

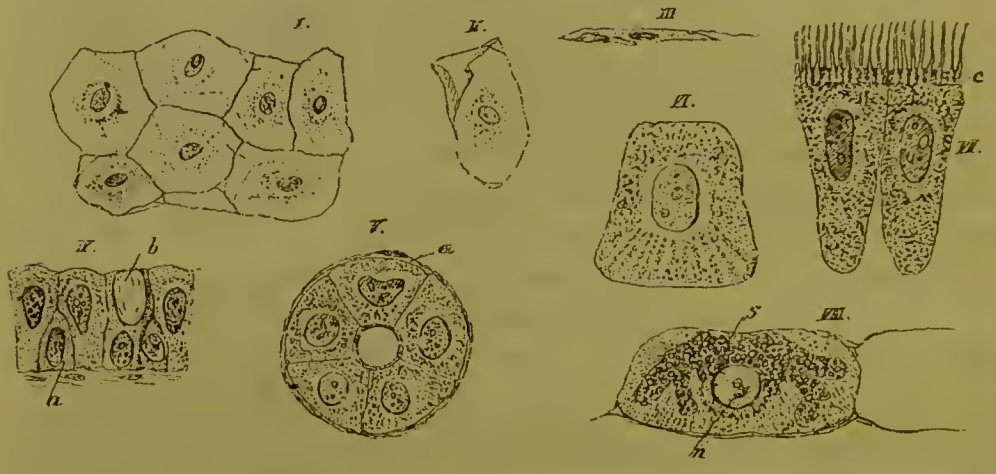


Fig. 37. Verschiedene Epithelzellen. I Pflasterepithelzellen der Mundschleimhaut des Menschen. II Eine solche isolirt und von der Fläche gesehen. III Eine gleiche in Seitenansicht. IV Dünndarmepithel einer Salamanderlarve; b Becher-, a Basalzelle. V Drüsenepithel aus einem Harngefäss eines Käfers; a Bindegewebe. VI Eine ähnliche Drüsenepithelzelle von der Seite gesehen, das Plasma ist in der Aussenzone radiär gestreift. VII Zwei Flimmerepithelzellen aus der Rachenschleimhaut des Frosches; c contractiles Plasma mit Flimmerhaarfortsätzen. VIII Epithelzelle aus dem Harngefäss einer Fliege; s Secretraum, welcher vor dem Kern n gelagert ist.

leicht isoliren, wenn man dem Frosch den inneren Belag des Gaumens mit einem Spatel abkratzt und dann die schleimige Masse unter dem Mikroskop untersucht. Zur Untersuchung muss man jedoch dies Präparat in 0,6procentiger Kochsalzlösung schwimmend erhalten und kann dann unter dem Mikroskop leicht eine mehr oder minder grosse Anzahl von isolirten, sich noch bewegenden Flimmerzellen bemerken.

Sind die einzelnen Zellen des Epithels lang, d. h. ist der Durchmesser, welcher von aussen nach innen gemessen wird, bedeutend grösser als der Querdurchmesser, so führen die Epithelzellen auch

wohl die Bezeichnung Cylinderepithelien. Richtiger ist eigentlich die Bezeichnung prismatisches Epithel, denn von der Fläche betrachtet, erscheinen die einzelnen Zellen an ihren Längsseiten verschieden abgeplattet. Sie stellen Prismen dar, die allerdings auf Längsschnitten, welche durch das Gewebe hindurch geführt werden, in Form von mehr oder minder langen Cylindern erscheinen. Die Kerne sind meist, entsprechend der Gestalt der Epithelzellen, langgestreckt; sie sind in der Regel deutlich sichtbar oder schon vermittelst einfachster Reagentien deutlich sichtbar zu machen. Im gesammten Verdauungsapparat kann man überall sehen, wie die einfache Epithellage, welche die Innenfläche des Darmes überkleidet, an verschiedenen Stellen in die Substanz der Darmwandung selbst eintritt und sich dort schlauchförmig verbreitet; es entstehen sogenannte Drüsen. Alle Darmdrüsen sind von der einfachen Auskleidung des Verdauungsapparats ausgegangen. Zum Theil stellen sie sich als einfache cylindrische oder am inneren Ende verästelte Schläuche dar, deren Wandung von einem einfachen Epithelbelag bedeckt wird. Die Epithelzellen haben in diesem Falle die Functionen, Stoffe zu liefern, welche mit der Speise in Berührung gebracht werden, sich mit ihr mischen und bestimmte Umformungen derselben veranlassen. Auch in grossen Drüsen, wie in der Leber- und in der Bauchspeicheldrüse sind Epithelien vorhanden; dieselben haben sich aber im Laufe der Zeit umgewandelt und einen complicirteren Bau angenommen, der nach und nach zur Ausbildung eigenartiger Organe geführt hat. In der Darmwandung finden sich vielfach sogenannte Becherzellen. Sie treten häufig in einzelnen Schichten in grösster Menge auf und verschwinden dann später. Man hat sich lange über die Natur derselben gestritten. Es scheinen diese Becherzellen weiter nichts darzustellen als Epithelien, deren Zellensubstanz sich umgewandelt hat und zwar zum Theil in Secret umgewandelt ist. Dies Secret sammelt sich in grösseren Hohlräumchen an, welche an der Aussenfläche der Zellen liegen. Es lässt sich

Fig. 38. Epithel aus dem Darm einer Salamanderlarve. a Drüsengang; d Drüsenzellen, 1 links eine in Theilung; b Becherzelle; c sogen. Cuticularsaum der Epithelzellen; k Kern des letzteren.

die Zellenoberfläche zerreissen und der entstandene Hohlraum tritt mit dem Darminnern direct in Verbindung. Sehr häufig liegen solche Cylinderzellen an jenen Stellen, wo sich aufgenommene Nahrung befindet und wo diese Nahrung umgewandelt wird.

Da gerade die Drüsen unter Umständen eine bedeutende Thätigkeit entwickeln müssen, so sind auch ihre Zellen in vielen Fällen durch einen ziemlich complicirten Bau ausgezeichnet. Sehr hübsche Beispiele für die Complicationen der inneren Zellsubstanz bieten, wie auch schon erwähnt wurde, die Drüsenepithelien der Spinn-, Speichel- und Harndrüsen der Insecten. Werden dieselben vorsichtig untersucht, so lassen sie meist grosse Zellleiber erkennen, in denen eigenthümlich gestaltete Kerne eingeschaltet liegen. Die Kerne können rundlich sein, können aber auch, wie es bei Spinn- und Harngefässzellen häufig der Fall ist, ein lappiges Aeusseres besitzen. In Folge dieses Baues ist die Oberfläche des gesammten Kernes vergrössert und dadurch auch die Fähigkeit seiner Functionen vermehrt. — Es bilden sich bei diesen Drüsenzellen ferner unter Umständen innerhalb des Zellleibes grössere Hohlräume, d. h. Stellen, an denen die Substanz eine wesentlich andere Beschaffenheit annimmt, entweder vollkommen homogen erscheint oder mit dem Secret vollgepfropft ist. Die Hohlräume wurden als Secreträume bezeichnet; über ihre sonstigen Eigenthümlichkeiten wissen wir zur Zeit noch verhältniss-

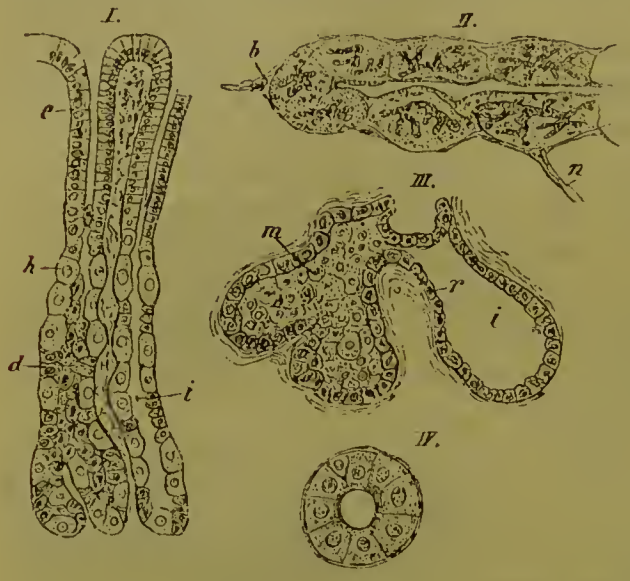


Fig. 39. Drüsengewebe. I Labdrüsen aus dem Magen des Menschen; e Epithel des Magens, welches sich in den Drüsenhals fortsetzt; h helle, grössere, d kleinere, pyramidenförmige, körnchenreiche Drüsenzellen; i Drüsenraum, welcher normaler Weise mit körnigen Zellen gefüllt ist. II Spinndrüsenzellen einer ausgehungerten Kiefernspinnerraupe; b Bindegewebe, n Nervenfaser, Kerne verästelt. III Endverzweigung der Milchdrüse eines säugenden Kaninchens; r Randzellen, m innere Drüsenzellen, i Drüsenende, in welchem die inneren Zellen nicht gezeichnet sind. IV Harnkanälchen einer jungen Katze, im Durchschnitt (die nebenliegende Nierensubstanz ist nicht gezeichnet).

mässig wenig. Die Secrete, welche von diesen Drüsenepithelien geliefert werden, sind sehr verschiedener Art. Bei niederen Thieren liefern die Hautepithelzellen vielfach ein hornartiges Secret, das sogenannte Chitin; so besteht das Hautskelet der Insecten aus solchem Chitin. Dasselbe wird von einer zusammenhängenden Zellschicht abgeschieden, daraufhin erstarrt die Masse, sobald sie längere Zeit mit der Luft in Berührung gewesen ist, und bildet endlich jene festen Platten u. s. w., welche bei den Insecten gerade in mannigfachster Ausbildung als Panzer, Stacheln, Haare, Schuppen, Flügel u. s. w. angetroffen werden. Bei den vielen Drüsenzellen und besonders bei einer Anzahl derjenigen des Verdauungsapparates ist das Secret sauer, andere Secrete sind ätzend scharf, viele riechen oft penetrant, wie beispielsweise der Moschus, welcher innerhalb von Hautdrüsen des Moschusthiers gebildet wird. Dass die verschiedenen Drüsenepithelien einen ihren Functionen entsprechenden Bau besitzen, ist nach dem eben Gesagten leicht erklärlich.

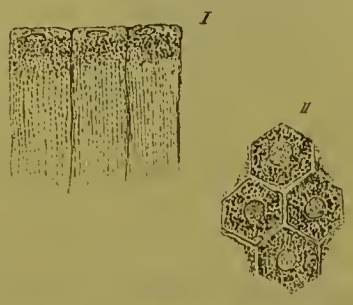


Fig. 40. Pigmentzellen aus dem Pigmentblatt der Retina. I Drei Zellen in der Seitenansicht. II 4 Zellen von der Fläche aus gesehen.

Zu den einschichtigen Epithelien gehören auch solche, in deren Zellen Farbstoffe in mehr oder minder grosser Menge abgelagert sind. Diese werden als Pigmentepithelien bezeichnet. Die Farbstoffe sind in Gestalt kleinster Körnchen, Kügelchen, Plättchen oder crystallartiger Bildungen ausgeschieden. Sie erfüllen den mittleren Zellraum mehr oder minder vollständig und geben dadurch der gesammten Zelle und den betreffenden Geweben die charakteristische Färbung. Beim Menschen finden sich solche einfach geschichtete Pigmente beispielsweise im hinteren Augentheile unter der Netzhaut; andere Pigmentzellen liegen in mehreren Schichten übereinander.

Mehrschichtiges Epithel. Ausser der Function, Stoffe als Ausscheidungsproducte liefern zu müssen, besitzen die Epithelzellen auch diejenige der Vemehrung im hohen Grade. Denn es werden die Zellen vielfach abgenutzt und müssen dann schnell durch andere ersetzt werden. Um dies möglichst vollkommen zu erreichen, finden sich nicht überall einschichtige Epithellagen, sondern vielen Orts mehrschichtige. Es liegen dann eine grössere Anzahl von Zellen übereinander, dieselben bilden unter sich ein ein-

heitliches Gewebe, sind aber im Einzelnen wieder verschieden gebaut. Solch' mehrschichtiges Epithel kommt auch in einigen Drüsen vor, besonders in jenen Drüsen, welche sehr stark functioniren müssen, wie beispielsweise die Talgdrüsen. In den letzten Verzweigungen derselben liegen zahlreiche Zellschichten übereinander. Die Zellen theilen sich hier sehr energisch; die oberen werden fortwährend umgewandelt und nach aussen ausgestossen, während von aussen her stets Nachwuchs erfolgt. Auch in den Drüsen des Verdauungsapparates finden sich hin und wieder mehrschichtige Epithelien, so in den Labdrüsen des Magens. Dieselben müssen unter Umständen auch grosse Quantitäten von Secret in verhältnissmässig kurzer Zeit zu liefern im Stande sein. Ganz allgemein ist ein mehrschichtiges Epithel in der äusseren Haut des Menschen verbreitet. Wird die Haut untersucht, so zeigt sie sich aus mindestens zwei Schichten zusammengesetzt, einer Oberhaut oder Epidermis und einer unter dieser sich befindenden Unter- oder Lederhaut. Die Epidermis wird aus zahlreichen übereinander liegenden Lagen eigenthümlich gestalteter Zellen gebildet, die wieder in zwei Schichten trennbar sind. In der tieferen erscheinen die Zellen rundlich oder nur wenig abgeplattet, ihre Substanz ist flüssig. Die Kerne sind gross rundlich. In den oberen Schichten erscheinen die Zellen zusammengedrückt. Ihre Zellsubstanz wird verhältnissmässig geringer, je näher eine Zelle der Oberfläche liegt, die Kerne platter. In den obersten Schichten sind endlich die Zellen ganz flach, die Zellsubstanz ist auf ein Minimum reducirt und hört in den zu äusserst liegenden vollkommen auf; dafür sind aber die Membranen in den letzteren sehr stark entwickelt, sie sind hornig und bilden den hornigen Ueberzug, welcher sich auf dem gesammten Körper findet, wie auch von anderen Epidermisschichten die Haargebilde, Nägel, Haare, Hufe u. s. w. nach aussen ausgeschieden werden. Die äussersten verhornenden Zelllagen werden als eigentliche Epidermis bezeichnet, die tiefer liegenden als Schleimschicht (Malpighisches Netz, Rete Malpighii).

Die Epidermis erneut sich fortwährend. Die obersten Schichten werden abgestossen und an Stelle derselben rücken von unten her neue Schichten nach. Dass die Epidermis an verschiedenen Stellen ein ganz verschiedenes Aeusseres besitzt, ist gewiss. Verfolgt man sie z. B. bis in das Innere der Mundhöhle, so zeigt sich, dass sie zunächst ohne schärfere Grenzen in die Lippenhaut übergeht, welche

sich ihrerseits dann nach innen zu in eine schleimige Haut fortsetzt, welche als Schleimhaut von der Oberhaut unterschieden wird. Die Schleimhaut besteht auch aus mehreren Schichten, die obersten dieser Schichten sind glatt und werden aus jenen, schon Seite 34 erwähnten Plattenepithelien zusammengesetzt. Beim Plattenepithel ist die Höhenachse der Zellen eine sehr geringe, dafür besitzen dieselben aber eine grosse Breite. Solche Plattenepithelien lassen sich leicht zur Anschauung bringen, wenn, wie erwähnt wurde, das Innere der Mundschleimhaut einfach abgekratzt und direct unter dem Mikroskop untersucht wird.

Fig. 41. I Flimmerepithel. II Plattenepithel vom Kehlkopf des Menschen.

Diese Schleimhäute werden stets feucht gehalten, sie finden sich in der Mund-, Nasen- und Rachenhöhle, im Darm, in den Luftwegen, im Harn- und Geschlechtsapparat, zwischen Augenlidern und Augapfel und im Mittelohr. Die Darmschleimhaut besitzt, wie oben angeführt, einschichtiges Epithel.

Weiterhin ist ein Theil der äusseren Haut im Sehorgan eigenthümlich umgebildet; er stellt hier den vorderen durchsichtigen Theil des Auges dar, die sogenannte Hornhaut und Linse. Die erstere ist bekanntlich glashell, besteht aber trotz alledem aus einer grösseren Anzahl von Schichten und wird ebenso wie die Haut von einem mehrschichtigen Epithel überdeckt. Sowohl die Membranen als auch die Kerne und die Zellsubstanz erweisen sich als vollkommen durchsichtig. Um sie sichtbar zu machen, müssen daher Reagentien angewandt werden. Es wird beispielsweise ein dünner Schnitt durch die Hornhaut mit verdünnter Höllensteinlösung behandelt, woraufhin sich sowohl die Zellgrenzen als auch das Innere der Zellen deutlicher markiren und deutlicher sichtbar zu machen sind. Die unteren Schichten dieses Epithels bestehen aus langgestreckten Zellen; nach oben zu flachen sich dieselben mehr und mehr ab und die oberste Schicht ist ebenso wie bei der äussersten Haut aus ganz platten, übereinander liegenden einzelnen Zellen gebildet.

Als letztes Epithel ist noch das Nerven- und Sinnesepithel zu erwähnen.

Das Sinnesepithel ist jenes, welches die den Reiz empfangenden

Stellen der Sinnesapparate überkleidet und ausserdem mit dem Nervensystem in Zusammenhang tritt. Alle Sinnesorgane sind mehr oder minder veränderte Hautstellen und als solche aufzufassen. Daher sind auch die Elemente, welche in die Sinnesorgane eingehen, mit den Elementen der Haut bis zu einem gewissen Grad in Zusammenhang zu bringen. Die Sinnesepithelien stellen sich in der Regel als langgestreckte Zellen dar, an denen sich mehrere Abschnitte erkennen lassen: ein Abschnitt, welcher den Reiz aufnimmt, ein zweiter Abschnitt, welcher die Ernährung der Zelle besorgt, und endlich derjenige Theil, welcher den übermittelten Reiz an andere Gewebe, das Nervensystem, abgiebt. Der Theil, welcher den Sinnesreiz empfängt, ist haar- oder stäbchenförmig. Haarförmig finden wir ihn innerhalb vieler Gehörzellen. Die Schallwellen wirken daselbst zum Theil erst auf secundäre Gebilde, welche in der Form kleiner festerer Körper, sogenannter Gehörsteinchen, innerhalb des Gehörorgans auftreten. Von diesen krystallartigen Bildungen (Otolithen) aus wird dann die Schwingung auf die nach aussen vorstehenden Haare der Sinnesepithelien übertragen, von hier aus auf das Plasma der Zelle selbst und dann auf den Nerv, welcher den Reiz dem Centralnervensystem übermittelt. Haarförmig sind ausserdem auch noch die Fortsätze auf der Riechschleimhaut und zum Theil auf dem Geschmacksapparate, jedoch ist es hier noch nicht klar gestellt, in welcher Weise der Reiz ausgeübt wird. Man bezeichnet die Geruchs- und Geschmackswirkung als chemische Reize. — In Form von Stäbchen sind die aufnehmenden Theile der Sehzellen des Auges entwickelt. Im einfachsten Fall strecken sich die Zellen sehr lang und erscheinen im äussersten Abschnitt

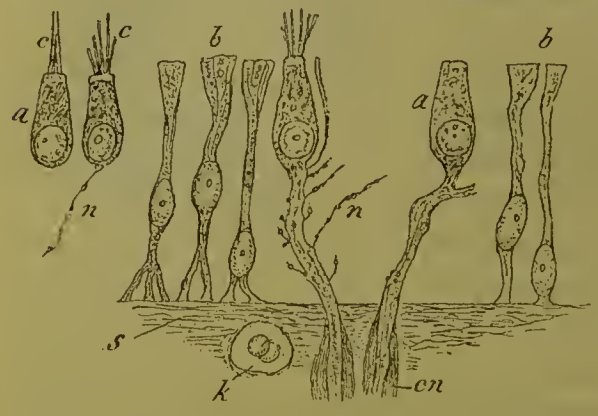


Fig. 42. Epithelzellen der Hörleisten in dem inneren Ohr eines neugeborenen Kindes (nach Retzius, etwas modificirt). s Bindegewebe. z Durchschnitt durch ein Haargefäss mit 2 Blutkörperchen. e doppelt contourirte Nervenfasern, welche in das Epithel eintreten. n Nervenfibrillen in Zusammenhang mit den Haarzellen a. e Haare der Haarzellen, auf der links gelegenen Zelle sind dieselben verklebt; sie sitzen einem Cutieularsaum auf. b sog. Fadenzellen.

homogen ausgebildet. Später differenzirt sich dieser Theil mehr und mehr; er nimmt eine grössere Selbstständigkeit an und erscheint schärfer abgesetzt. Er ist derjenige Zelltheil, auf welchen die Lichtschwingungen direct wirken. Sie setzen diese Theile zunächst in Bewegung, die Bewegungen pflanzen sich dann durch den übrigen Abschnitt auf die Nerven u. s. w. fort. Der ernährende Theil der Sinneszellen liegt in dem Abschnitt, welcher den Kern enthält. Die Kerne sind meist gross, oft bauchig aufgetrieben. Das Plasma in ihrem Umkreis ist nicht stark entwickelt, im Uebrigen hell und körnig. Der Theil, welcher den Sinnesreiz dem Nervensystem übermittelt, ist in seiner Structur von der übrigen Zellsubstanz verschieden, meist schlank oder fadenförmig; wie aber die Leitung in ihm zu Stande kommt, darüber vermögen wir zur Zeit nichts zu sagen. Die Sinnesepithelien kommen in einer Schicht vor. Es finden sich aber hier, wie auch zwischen andern Epithelien sogenannte Stützzellen. Die Abschnitte, mit denen die Epithelzellen andern Geweben aufsitzen, stossen vielfach nicht eng aneinander, sondern zwischen ihnen befinden sich Zwischenräume, welche ihrerseits durch weitere Gewebszellen ausgefüllt werden. Diese eingeschalteten Gewebszellen heissen Basalzellen. Meist haben sie eine kegelförmige oder unregelmässige Gestalt. — Ausserdem können in verschiedenen Sinnesorganen noch mehrfach differenzirte Zellen innerhalb derselben Epithelschicht vorkommen. So finden sich beispielsweise in der Riechschleimhaut der Wirbelthiere verschieden gestaltete Zellen. Es liegen solche mit grossem Kern und sehr schlankem, langem Fortsatz zwischen Zellen von mehr cylindrischer Gestalt, deren unterer Körper unregelmässig ist und um die erstgenannten Zellen herumgreift. Auch hier können sich dann noch drittens Basalzellen von wechselnden Gestalten ausgebildet zeigen. Im Gehörorgan des Menschen sind verschiedenartige Epithelien entwickelt, die sich über die verschiedenen Theile des inneren Ohres ausbreiten und wahrscheinlich verschiedene Schalleindrücke gesondert aufnehmen. Bis zu einem gewissen Grade sind auch die lichtempfindenden Zellen des Auges nicht gleichmässig construirt, wie später noch auseinander gesetzt werden soll, es tritt hier Arbeitstheilung in demselben Bezirke ein.

2. Endothelien.

Es wurde schon erwähnt, dass sich die Endothelien aus dem sogenannten mittleren Keimblatte des Embryo entwickeln. Sie finden

Fig. 43. I Theil vom Haargefäss einer Maus, mit Höllensteinlösung ausgespritzt, wodurch die Grenzen der Endothelien sichtbar werden II Haargefäss aus dem Schwanz einer Salamanderlarve; k Kern der grossen Endothelzellen; b Blutkörperchen innerhalb des Gefässraumes.

sich im Innern der Blutgefässe, dann der Lymphbahnen, zwischen Gelenken bei höheren Thieren u. s. w. Ganz allgemein stellen sich die Endothelien als dünne, platte Zellen dar, welche in einfacher Schicht die genannten Hohlräume auskleiden. Die Grenzen der Zellen können durch geeignete Behandlung mit verdünnter Silberlösung sichtbar gemacht werden. Sie erscheinen als unregelmässige, meist fünfseitige Platten, deren Ränder oft wellenförmig oder zickzackartig gebogen sind. Hin und wieder finden sich zwischen einigen aneinander stossenden Endothelzellen Spalträume, durch welche ein directer Austausch zwischen dem Inhalt des Gefässrohrs und den umliegenden Geweben stattfinden kann, wenigstens ist oft beobachtet worden, dass durch diese Spalträume hindurch Lymphzellen in der Auswanderung begriffen sind. Die Kerne der Endothelien sind deutlich sichtbar, gross. Haben die Endothelien längere Zeit bestanden, so können jedoch die Kerne fehlen; sie veröden. Es ist nicht nöthig, dass alle Hohlräume der genannten Systeme mit Endothelien überkleidet werden, sondern es kann an Stelle derselben Bindegewebe treten.

3. Die Muskelzellen.

Dieselben gehören zu jenen Gewebsgruppen, welche als die animalen bezeichnet wurden und denen im Grossen und Ganzen Functionen zukommen, welche nur dem Thiere eigen sind, die für gewöhnlich die Pflanze nicht besitzt. Die zahllosen Muskelzellen dienen dazu, den Körper insgesammt oder einzelne Theile desselben zu bewegen; sie sind daher innerhalb des Körpers in verschiedenster Weise ausgebildet und angeordnet. Auf die Wirkung derselben wird später noch kurz eingegangen werden müssen, hier soll nur erwähnt werden, dass die Muskulatur der Thiere deshalb entwickelt ist, weil die Individuen der Nahrung nachgehen müssen. Die Pflanze ist bekanntlich an der Stelle, wo sie zur Entwicklung kam, Zeit ihres Daseins festgebannt. Sie findet dort alle die Stoffe, welche

sie zum Aufbau ihres Körpers nöthig hat. Es sind dies eine Reihe von nichtorganischen Substanzen: Salze, welche sie aus dem Boden zieht, Kohlensäure aus der Luft und Wasser. Es ist ja bekannt, dass innerhalb reinen Wassers Pflanzen existiren können, wenn dem Wasser nur verschwindende Spuren von Kohlensäure und von stickstoffhaltigen Salzen, z. B. Salpeter, zugesetzt werden. Das Thier ist aber auf die organischen Verbindungen angewiesen; entweder nährt es sich von Pflanzentheilen oder von Theilen anderer Thiere. Aus diesem Umstande ergiebt sich, dass es nicht wie die Pflanze an einen Fleck angeheftet sein darf, sondern es kommt fast jeden Augenblick in die Verlegenheit, sich seine Nahrung aufsuchen zu müssen, und deshalb entwickeln sich zunächst innerhalb des Thierkörpers Gebilde, die den Körper fortbewegen, dann später solche, die ihn in die nöthige Direction hineinbringen. Wir werden die letzteren als Nerven- und Sinneszellen kennen lernen.

Schon bei den niedrigen Protozoen ist zu bemerken, dass zum Zweck der Fortbewegung eigene Apparate in Anwendung kommen, die durch eine besondere Schicht des einfachen Zellkörpers in Bewegung gebracht werden und dadurch die Weiterbewegung des gesammten Individuums veranlassen. Es wurde bemerkt, dass ganz zu äusserst eine helle Plasmaschicht ausgebildet ist, von der aus die Scheinfüsschen gebildet werden oder von welcher aus die Schwingung der Wimperhaare veranlasst wird. Bei unserem Süsswasserpolyp findet eine Bewegung des Körpers ebenfalls statt und zwar durch besondere Fortsätze, welche sich an den Zellen der äusseren Körperoberfläche befinden. Werden dieselben isolirt, so zeigt sich, dass eine jede Zelle an ihrer Innenseite einige längere Fortsätze hat, welche faserförmig in der Richtung des Körpers verlaufen. Diese längeren Fortsätze führen die Bezeichnung Muskelfortsätze. Da der

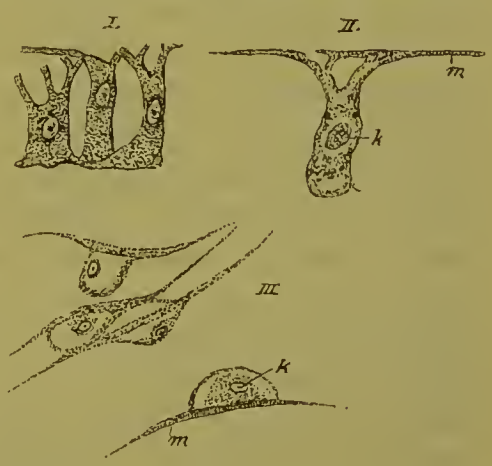


Fig. 44. Muskelemente der Medusen. I Drei sog. Neuromuskelzellen der Hydra, nach Kleinenberg. II Eine solche Zelle maecrirt und reconstruirt. m sog. Muskelfortsätze. k Kern. III Muskelbildungszellen von einer Meduse (Aurelia), nach Claus. m Muskelfortsatz. k Kern.

Reiz auf diese Muskelzellen von aussen her ausgeübt wird und durch die Aussenzelle hindurchgeht, so hat man dieselben auch wohl insgesammt als Nervenmuskelzellen, Neuromuskelzellen, benannt. Bei den niederen Thieren sind eine ganze Anzahl solcher Formenelemente nach und nach aufgefunden. Sie sind sämmtlich nach folgendem Schema gebaut: Aeusserlich liegt eine Zelle, welche den Reiz empfängt. Dieselbe leitet denselben durch ein mehr oder minder kurzes Zwischenstück, welches wie der Nerv functionirt, nach innen; am inneren Theil der Zelle liegt ein Fortsatz, welcher die Wirkungen des Reizes in Bewegungen umsetzt, sich zusammenzieht.

Schon sehr bald ist aber innerhalb des Thierreichs zu bemerken, dass eigene isolirte Zellen innerhalb des Körpers auftreten, denen die Function der Bewegung in ausgesprochenster Weise zukommt. Diese Zellen werden als Muskelzellen bezeichnet. An jeder Muskelzelle lassen sich ganz allgemein zwei verschiedene Theile unterscheiden: einmal derjenige Theil der Zelle, welcher die Ernährung und Vermehrung der Zelle übernimmt — es ist das wahrscheinlich der Kern mit dem aufliegenden Plasma —, und zweitens derjenige Theil, welcher die specifischen Wirkungen der Zelle bedingt, welcher sie bewegt; es ist das die sogenannte contractile Substanz. Diese beiden Theile sind bei den Muskelzellen oder, wie sie später auch wohl genannt werden, bei den Muskelfasern streng zu unterscheiden. Ausserdem ist das Charakteristische dieser Zellen, dass sie langgestreckt ausgebildet sind. Es hat dies darin seinen Grund, dass die Muskelwirkung nur in einer Richtung erfolgreich vor sich gehen kann. Wenn ein Muskel thätig sein soll, ist es nöthig, dass derselbe an zwei Punkten Anheftung findet. Diese beiden Ansatzpunkte sind in der Regel fixirt und gegeneinander beweglich. Da nun ein jeder Muskel aus einer mehr oder minder grossen Anzahl einzelner Muskelzellen oder Muskelfasern besteht, so ist selbstverständlich die Wirkung am ausgiebigsten, wenn die sämmtlichen Muskelfasern in einer und derselben Richtung verlaufen. Ausserdem kann die Function einer Muskelzelle eine viel erheblichere sein, wenn sie langgestreckt ist, als wenn ihre contractile Substanz in einen kürzeren Körper vereinigt würde. Wäre sie beispielsweise auf der Oberfläche eines kurzen, dicken Cylinders vertheilt, so müsste sie die Oberfläche in einer dickeren Schicht umgeben und all' die nebeneinander liegenden Theilchen würden schliesslich nur einen geringen Effect ausüben, sie würden nur verhältnissmässig kurze Con-

tractionen veranlassen können, d. h. die Länge des Cylinders würde sich nur um ein Weniges verringern. Wenn aber die contractile Substanz bei demselben Inhalt der Zelle über eine lange, dünne Strecke vertheilt ist, so liegen eine grosse Anzahl von einzelnen Theilchen hintereinander. Die Wirkung derselben addirt sich in diesen Fällen beträchtlicher wie bei dem kurzen Cylinder und wird in Folge dessen die Annäherung der angehefteten Enden aneinander eine energischere sein.

Was den Bau der Muskelzellen anlangt, so ist davon zu bemerken, dass sie nach einem zweifachen Schema gebaut sind. Der Histologe unterscheidet glatte und quergestreifte Muskelzellen und schon in diesen Worten sind die Haupteigenthümlichkeiten der betreffenden Formen ausgedrückt.

Die glatten Muskelzellen sind langgestreckte, spindelförmige Elemente. Im Centrum der Zelle findet sich meist ein deutlich sichtbar zu machender länglicher Kern. Um diesen herum ein körniges Plasma und dann ganz peripherisch eine das Licht unter Umständen stark brechende Substanz, welche allein das Vermögen besitzt, sich zusammenzuziehen, und dementsprechend als contractile Substanz bezeichnet werden kann. Solche Muskelzellen finden sich beispielsweise im höheren Thierkörper überall dort, wo Bewegungen ausgeführt werden sollen, welche unabhängig von dem Willen des betreffenden Individuums vor sich gehen. Wir besitzen eine glatte Muskulatur in den Wandungen der Blutgefässe (mit Ausnahme der des Herzens), dann in den Darmwandungen, im Auge u. s. w. In all' diesen Organen gehen Bewegungen vor sich, die wir durch unseren Willen nicht beeinflussen können. Sollen Bewegungen durch den Willen veranlasst werden, so besitzen die betreffenden Organe, welche die Bewegungen auszuführen haben, quergestreifte Muskelzellen.

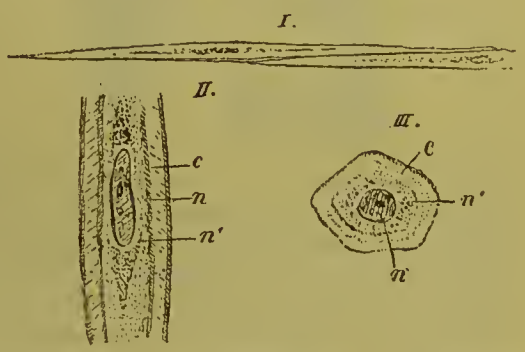


Fig. 45. Glatte Muskelfasern von Piscicula. I Faser in Längsansicht. II Mittlerer Fasertheil stärker vergrössert; n Kern, n' innere Zellschichten im Umkreis des Kernes, c contractile peripherisch gelegene Plasmaschicht. III Faser im Querschnitt, Bezeichnungen die gleichen.

Wird eine quergestreifte Muskelfaser frisch untersucht,

so zeigen sich eigentlich verhältnissmässig wenig Differenzirungen in ihr, man findet nur, dass sie einen langgestreckten, regelmässig quergestreiften Bau besitzt. Werden dieser Muskelfaser aber Reagentien zugesetzt, z. B. Säuren, so zeigt sie einen oft sehr complicirten Bau. Im einfachsten Fall besitzt sie noch Aehnlichkeit mit der glatten Muskelfaser, wenigstens was ihre äussere Gestalt anlangt. Sie unterscheidet sich von derselben aber dadurch, dass die contractile Substanz nicht allein in einer Schicht an der Oberfläche der Zelle liegt, sondern auch innerhalb der Faser in verschiedenen aufeinander folgenden Querplättchen angeordnet ist. Es

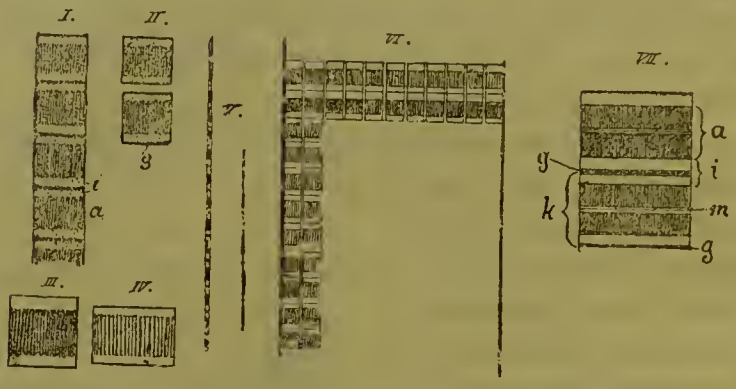


Fig. 46. Muskelelemente aus quergestreiften Fasern. I Theil einer Muskelfibrille aus dem Flügelmuskel eines Käfers. II Zwei Kästchen derselben isolirt. III Muskelkästchen im ausgedehnten Zustand, schematisch. IV Dasselbe Kästchen im contrahirten Zustande. V Einige Muskelfibrillen aus den Muskeln höherer Säugethiere, links aus dem Schenkelmuskel einer jungen Katze, rechts aus einem menschlichen Muskel. VI Schema der Anlagerung der Muskelelemente in einer Faser, es sind nur 2 Längsreihen von Muskelkästchen und 2 Querreihen derselben gezeichnet. Die Zeichnung zum Theil nach Krause. VII Zwei Muskelstäbchen nach neueren Untersuchungen (Schema). In allen Figuren ist die stark lichtbrechende Substanz dunkel, die andere hell gehalten. Ausserdem bedeutet a stark, i schwach brechende Substanz. g Krausesche Grundmembran, welche je 2 Kästchen voneinander trennt. m sog. Mittelplatte (nach Jensen u. Merkel).

wird die gesammte Faser durch dieselben gleichsam in mehrere Etagen zerlegt. Diese Querplättchen rücken nun immer näher aneinander und endlich besitzt das gesammte Muskelelement nur einen fadenförmigen Körper, der eine Zusammensetzung aus Querscheibchen erkennen lässt; von diesen Scheibchen brechen einige das Licht stark, andere schwach. Die beistehenden Figuren werden diese Verhältnisse am besten veranschaulichen. Dabei tritt eine Trennung der Masse ein, so dass die Kerne an die Peripherie heranrücken, während die contractilen Substanzen sich im Centrum concentriren und vollkommen separiren. Solche Muskelfasern erscheinen dann

auf dem Querschnitt unregelmässig gestaltet. Am Rande liegt der Kern, in der Mitte ein scheinbar feinkörniges Plasma. Die gesammte Faser wird ausserdem von einer Haut umhüllt, dem sogenannten Sarcolem. Untersucht man die feinkörnigen Massen in der Längsansicht, so zeigt es sich, dass sie aus lauter einzelnen Säulchen zusammengesetzt sind, aus den sogenannten Muskelfibrillen. Es sind das feine Fäserchen, welche eng nebeneinander liegen und deren jedes aus übereinander stehenden Kästchen contractiler Substanz, die von nichtcontractiler unterbrochen wird, zusammengesetzt erscheint. Allerdings bekommt man diesen Bau erst nach Anwendung verschiedener Reagentien zu sehen und es kann daher mit voller Bestimmtheit nicht gesagt werden, in welcher Weise nun die Muskeln im lebenden Thier zusammengesetzt sind. Es giebt eine Reihe niederer Thiere, die man insgesammt unter dem Mikroskop untersuchen kann. Bei diesen zeigt sich die Muskulatur auch ausgebildet, aber ihre Untersuchung bietet grosse Schwierigkeiten. Die lebenden Muskeln, welche man aus dem Thierkörper herausnimmt und unter dem Mikroskop untersucht, behalten allerdings zum Theil lange das Vermögen, sich contrahiren zu können; ihre Substanz erscheint dann auch quergestreift, jedoch heben sich die Streifen nicht so scharf voneinander ab, wie es später der Fall ist, wenn der Muskel zu Grunde geht,

Fig. 47. Quergestreifte Muskelfasern. I Aus der Zunge des Menschen nach Behandlung mit Chromsäure und Färbung mit Pierocarmin. Die isotrope Substanz ist hell, die anisotrope dunkel gehalten. II 3 Muskelfasern auf dem Querschnitt aus demselben Präparat. Die Fibrillen erscheinen in den Fasern als rundliche bis kreisförmige Figuren. III Quergestreifte Muskelfasern aus einer Salamanderlarve; a Muskelfaser mit deutlicher Querstreifung in directer Aufsicht gesehen; b Muskelfaser etwas schräg geschnitten. Die Querstreifung ist nicht sichtbar; c eine gleiche Faser stärker vergrössert. Die Fibrillen treten als Längsstreifchen hervor. IV Muskelfasern aus dem Schwanz derselben Larve quergeschnitten. In den vorstehenden Figuren bezeichnet s das Sarcolem, n die Sarcolemkerne.

also in die sogenannte Todtenstarre verfällt. Beim Absterben tritt eine Gerinnung des Inhalts ein und dadurch werden in der That die einzelnen Elemente deutlicher, sie treten schärfer hervor. Sehr gute Objecte zur Untersuchung der Muskelzellen bieten viele niedere Thiere, besonders die Insecten, deren Muskulatur ja stärker entwickelt ist und häufig sehr energisch in Anwendung gebracht wird. Auch die Krebse, unser Flusskrebs, der Hummer u. s. w., besitzen innerhalb der Scheeren Muskelelemente, welche sich durch ihre Grösse und durch die deutlich sichtbare Streifung als gute Objecte für die mikroskopische Untersuchung erwiesen haben.

Eine jede Muskelwirkung wird aber nur durch Reize, welche auf sie ausgeübt werden, veranlasst; die Reizung besorgen die Nervenelemente. Bei den niederen Thieren findet sich allerdings häufig kein besonderes Nervensystem differenzirt, wohl aber tritt ein solches stets bei den höheren Thieren auf und es lässt sich dort deutlich nachweisen, dass nach Zerstörung der Nervenelemente auch ein Zugrundegehen der Muskulatur stattfindet. Es müssen daher bis zu einem gewissen Grade Muskel und Nerven neben einander besprochen werden. An dieser Stelle sollen zunächst die einzelnen Nervenelemente ihre Berücksichtigung finden und dann müssen die Wechselwirkungen zwischen Muskel und Nerven angeführt werden.

4. Die Nervenzellen.

Beim Menschen und allen höheren Thieren kann man ganz allgemein ein Centralnervensystem und einen Leitungsapparat unterscheiden und zwar ist der letztere in folgender Weise entwickelt: Aeusserlich liegen die Haut und der Sinnesapparat; es wurde schon erwähnt, dass sich die Sinnesepithelzellen in Nervenelemente fortsetzen. Diese treten in Gestalt feiner Fäserchen auf. Eine jede Sinneszelle führt in eine solche Faser; die einzelnen Fäserchen vereinigen sich zu Bündeln. Diese kleinen Bündel nennen wir Nerven und die Fäserchen Nervenfibrillen. Mehrere solcher Nerven vereinigen sich nun zu grösseren Stämmchen. Die Stämmchen führen endlich nach bestimmten Apparaten hin, zu den sogenannten Centralorganen. Als solche Centralorgane kennen wir das Gehirn, das Rückenmark und Nervenzellhaufen (Ganglien), letztere kommen bei niederen Thieren ausschliesslich vor. Von den Centralorganen gehen dann ebenso wieder grosse Nervenstämme ab, welche sich in einzelne Fasern auflösen, und die letzten Fäserchen treten endlich an

die Muskeln heran und zwar je ein Fäserchen an eine Muskelzelle oder auch mehrere Fäserchen an eine Muskelfaser. Auf die Weise werden Sinneszellen und Muskelzellen miteinander verbunden.

Untersucht man nun die einzelnen Theile der verschiedenen Nervenmassen, so ergiebt sich bei denselben ungefähr Folgendes:

Innerhalb der Centralorgane und im Innern der Nervenzellhaufen finden sich, entweder in besonderen Schichten oder dicht gedrängt nebeneinander, grosse Mengen von Zellen. Es sind das die sogenannten

Nervenzellen (Ganglienzellen). Der Bau der Nervenzellen ist ein verschiedener. Im einfachsten Fall ist der Körper derselben birnförmig, an einem Theil in einen Fortsatz ausgezogen, welcher sich alsbald spaltet und in mehrere feinere Fasern auszieht. Diese Ganglienzellen bezeichnen wir als die einpoligen (unipolaren). Im Innern des grossen Körpers liegt ein meist rundlicher Kern. Der Kern besitzt eine hellere, feinkörnige Plasmamasse. Häufig treten ein bis mehrere grössere stark glänzende Körnchen, Kernkörperchen, auf. Um den Kern herum liegt auch hier wieder eine hellere Plasmazone und um diese dann ein körniges Plasma, welches den grössten Theil der Zelle erfüllt und bis nahe an die Peripherie heranreicht. In diesem körnigen Plasma können unter Umständen wieder Differenzirungen auftreten. An einigen Stellen desselben finden sich Ausammlungen gefärbter Körnchen; meist zeigt es ausserdem eine etwas geschichtete Structur. Es setzt sich ohne Unterbrechung in den Fortsatz der Nervenzellen fort und ausserdem weiterhin in die Fasern, welche aus diesem Fortsatz ausstrahlen. Es scheint also die körnige, zu äusserst gelegene Masse mit der Leitung des Reizes in einem gewissen Zusammenhang zu stehen. Diese unipolaren

Fig. 48. Nervenzellen (Ganglienzellen). I Aus dem Gehirn des Flusskrebses. II Aus dem Gehirn eines Ringelwurmes — bipolare Ganglienzellen. III u. IV Aus dem Rückenmark einer Ziege; a Achsencylinderfortsatz. III Mit zwei, IV mit 7 sichtbaren Plasmafortsätzen.

Ganglienzellen sind verhältnissmässig selten*), häufiger finden sich solche, welche auch einen grösseren, rundlichen Körper zeigen, in dem die übrigen Structurverhältnisse ganz ähnlich sind wie die eben besprochenen, aber der Körper zieht sich in mehrere (zwei bis viele) Fortsätze aus. Sind zwei solcher Fortsätze vorhanden, wie es häufiger vorkommt, so bezeichnen wir die Zellen als doppelpolige (bipolare); sind mehrere Fortsätze vorhanden, so haben wir die Zellen mit vielen Polen (multipolare), Ganglienzellen.

Bei den letztgenannten Zellen kann oft eine grosse Anzahl von einzelnen Fortsätzen nach aussen abgehen, es ist dann selbstverständlich die Form der Zelle unregelmässig; sie ist an verschiedenen Punkten in Spitzen ausgezogen, die Spitzen setzen sich in Fasern fort, welche sich in mehr oder minder weiter Entfernung von der Zelle wieder verzweigen, so dass also nach allen Richtungen hin Ausläufer abgehen. Innerhalb der stärkeren Fasern liegen auch unter Umständen wieder Anhäufungen von gefärbten Körnchen.

Bei der Betrachtung der Fasern ergiebt sich meist Folgendes:

Diejenigen der niederen Thiere erscheinen gleichmässiger gebaut, zum Theil vollkommen hüllenlos, blass, mit sehr feinkörnigem Inhalt. Sie führen sammt und sonders die Bezeichnung Protoplasmafortsätze der Ganglienzellen. Neben solchen feinen Fasern kommen aber auch solche vor, welche einen ganz beträchtlichen Durchmesser besitzen; es sind diese vorläufig als sogenannte „riesige Nervenfasern“ bezeichnet worden. In den Bauchnervenstämmen des Flusskrebses sind sie z. B. leicht nachweisbar. Bei den höheren Thieren sind die meisten Fasern von feinem Querschnitt. Ausserdem erweist sich eine Faser differenzirt, sie bleibt einfach und zeigt überdies noch eine eigenthümliche Structur, indem, nicht weit von der Zelle, in ihrem Umkreis eigenthümliche Hüllen auftreten. Betrachtet man diese Hüllen mit stärkerer Vergrösserung, so erscheinen sie doppelt, stark lichtbrechend, glänzend. Die Faser scheint von einer sogenannten doppelten Contour umzogen zu sein, daher wird sie auch als doppelt eontourirte Faser bezeichnet. Der betreffende Fortsatz heisst im Gegensatz zu den hüllenlosen Protoplasmafortsätzen der Achsencylinderfortsatz. Die Protoplasmafortsätze der einzelnen Ganglienzellen scheinen zum Theil untereinander in Verbindung zu

*) Es erscheint sogar fraglich, ob überhaupt solche unipolare Zellen existiren oder ob nicht etwa durch die unzulängliche Präparationsmethode ein zweiter vorhandener Fortsatz abgelöst worden ist.

stehen, zum Theil führen sie aber entweder direct oder auf grösseren Umwegen in Sinneszellen hinein. Die doppelt contourirten Fasern begeben sich an die Muskulatur.

Die Nervenfasern. Alle Nervenfasern haben etwas Gemeinsames und dieses Gemeinsame ist der leitende Theil, welcher bei den protoplasmatischen die grösste Masse der Faser bildet, während er bei den doppelt contourirten nur im Centrum der Faser als feiner Strang gelegen ist. Weil verschiedene Reagentien ihn in der Achse der Nervenfaser sichtbar machen, hat er die Bezeichnung Achsencylinder bekommen. Im Umkreis des Achsencylinders kann nun entweder eine Hülle eigenthümlicher Substanz (Mark) ausgebildet sein, oder es ist die Faser ohne diese Masse. Dementsprechend unterscheidet man wieder markhaltige und markfreie Fasern. Die markhaltigen besitzen eine flüssige, fettreiche, zum Theil eiweisshaltige Masse im Umkreis des Achsencylinders, das Mark; es umgiebt also den Achsencylinder scheidenartig: deswegen wird die Gesammtmasse auch wohl als Markscheide bezeichnet. Weiterhin kann äusserlich eine festere, kernhaltige Membran vorhanden sein, die sogenannte Nervenhaut (Neurilem) oder die Schwann'sche Scheide. Das Neurilem der markhaltigen Fasern enthält nur verhältnissmässig wenige Kerne. Es ist derjenige Theil der Faser, welcher unter Umständen als doppelt contourirt erscheint. Beim Absterben findet eine eigenthümliche Gerinnung und eine Veränderung der Substanz der Faser statt, dann bekommt sie jederseits die zwei Contouren. Die innere derselben ist scharf dunkel, glänzend, zum Theil unregelmässig. Es fehlt diese Umhüllung besonders den Nerven des Gehirns und Rückenmarks; in Folge dessen erscheinen dieselben nach dem Tode oder nach Behandlung mit Reagentien theils voll-

Fig. 49. Marklose Nervenfibrillen. I Ein Fibrillenbündel, dessen unteres Ende sich etwas theilt. II Fibrillen aus dem Schenkelnerv des Frosches. Ueber dieselben legt sich eine doppelt conturirte Nervenfaser. III Feinste Nervenfasern aus der grauen Substanz des Rückenmarkes vom Menschen nach Goldbehandlung.

kommen marklos und hüllenlos oder nur von einem unregelmässig gestalteten Mark umgeben. Es zieht sich die Marksubstanz in eigenthümlichen Klumpen zusammen, sie bildet Anschwellungen im Umkreis des Achsencylinders. Es wird dann die gesammte Zelle als varicöse Faser bezeichnet. — Bei contourirten Fasern ist die äussere Hülle und zum Theil das Mark streckenweise eingeschnürt. Diese

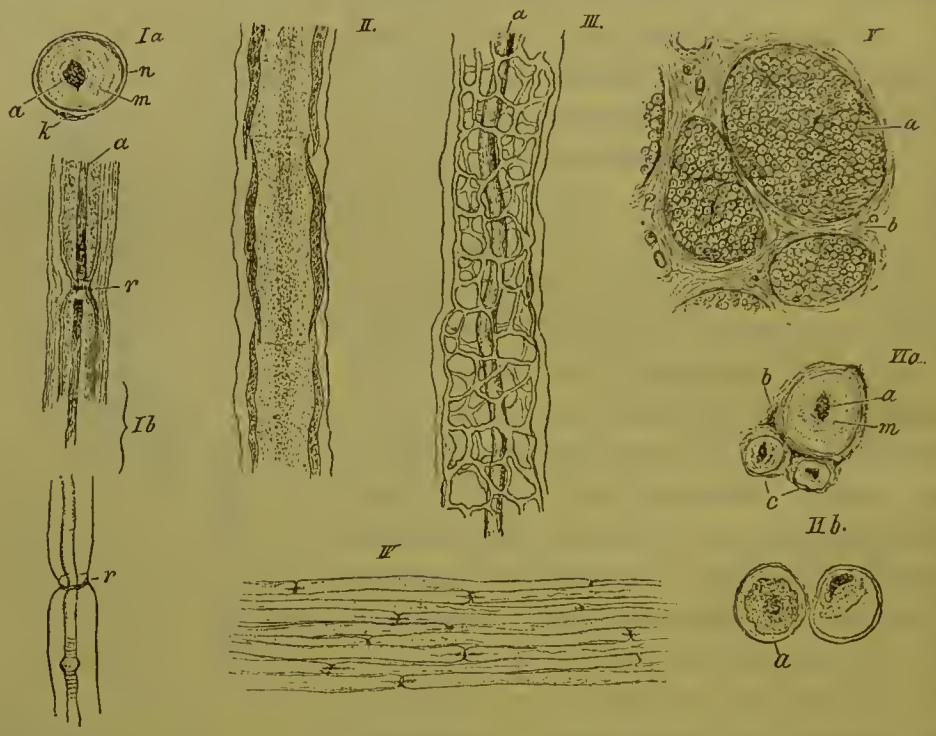


Fig. 50. Doppelt contourirte Nervenfasern. Ia Querschnitt durch die Nervenfaser. Ib Nervenfasern mit Ranvier'schem Schnürring (r); n Kern des Neurilems, a Achsencylinder. II Doppelt contourirte Faser mit Lantermann'schen Scheiden. III Faser nach Behandlung mit Alkohol und Aether; a Achsencylinder, im Umkreis desselben ist das Hornskelet der Markscheide sichtbar. IV Ein Bündel doppelt contourirter Nervenfasern des Frosches in der Aufsicht. V Ein kleiner Theil vom augenbewegenden Nerven des Ochsen. Querschnitt. b Bindegewebshülle, welche scheidenartig die einzelnen Nervenbündel umgiebt; a quergeschnittene Nervenfaser, die in derselben central gelegenen Punkte sind die sich mit Carmin dunkel färbenden Achsencylinder. VIa Eine Nervenfaser im Querschnitt, stärker vergrössert; b Bindegewebshülle, m Mark, a Achsencylinder, bei c zwei kleinere Nervenfasern im Querschnitt. VIb Querschnitt durch zwei Nervenfasern, a in der Gegend eines Ranvier'schen Schnürrings.

Stellen werden als Ranvier'sche Schnürringe bezeichnet und sollen die Grenzen von je zwei Zellregionen darstellen. Ausserdem ist die Hülle noch in kürzere, nach Art von Wasserleitungsrohren ineinander geschaltete Stücke zerlegt, die sogenannten Lantermann'schen Scheiden. Es muss angenommen werden, dass zum Theil

die Fasern, vor allen Dingen aber auch die Hüllen im Umkreis derselben durch Verschmelzung einzelner Zellen hervorgegangen sind.

Wenn eine Nervenfaser an eine Muskelzelle herantritt, so verliert sie kurz vor der Muskelzelle die Scheide und breitet sich dann auf der Muskelfaser mit einer sogenannten Endplatte aus. Diese Endplatten sind sehr charakteristisch. Frisch untersucht, bestehen sie aus einem feinkörnigen Plasma, welches flach, scheibenartig der eigentlichen Muskelsubstanz angelagert ist. Nach Behandlung mit Reagentien zeigt sich, dass die Faser innerhalb dieses Scheibchens in mehrere Theile gegliedert ist. Die einzelnen Fäserchen verästeln sich zum Theil wieder und bilden häufig längere, auf der Muskelfaser selbst gelegene Parthien. Von den Scheiden ist es aber nur die Markscheide, welche zunächst aufhört, während sich die Schwann'sche Scheide in die Haut der Muskelfaser, in das sogenannte Sarcolem hinein fortsetzt. Der Achsencylinder liegt dann unterhalb des Sarcolems und breitet sich in der oben besprochenen Weise direct auf der Muskelsubstanz aus.

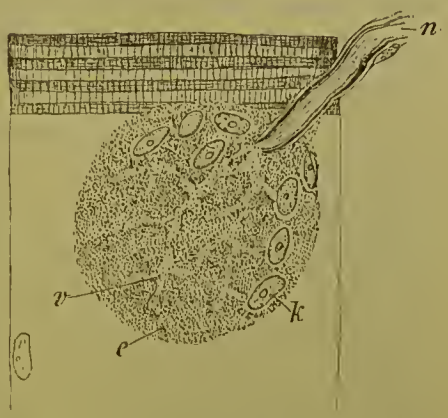


Fig. 51. Endplatte aus einem Augenmuskel der Katze. n Doppelt contourirte Nervenfaser, die Markscheide geht bei Eintritt in die Endplatte verloren. v Ansbreitung der Nervenfaser in der Endplatte. e Substanz der Endplatte. k Kern derselben. Es ist nur ein Theil der Muskelfaser schraffirt.

Dieser enge Zusammenhang zwischen Nerven und Muskel deutet schon darauf hin, dass die Wechselbeziehungen zwischen beiden sehr innige sind. Es kann auch eine Muskelwirkung nicht ohne Nervenwirkung gedacht werden. Allerdings ist es möglich, den Reiz, welchen der Nerv ausübt, durch andere zu ersetzen, beispielsweise durch Electricität. Die electrischen Ströme scheinen mit den Wirkungen, welche die Nervenfasern auf die Muskelsubstanz haben, grosse Aehnlichkeit zu besitzen. Es findet bei schwachen electrischen Reizen auch stets eine Contraction der Muskeln statt, welche nach einiger Zeit aufhört und bei erneutem Reiz wieder von Neuem hervorgerufen wird. Durch allzu häufige Reizwirkung wird die Empfindlichkeit der Muskelzelle herabgesetzt, sie hört endlich vollkommen auf.

Ganz interessant sind dann noch einige Endigungen der Nerven

in verschiedenen Theilen des Körpers innerhalb gewisser Organe, so beispielsweise unter der äusseren Haut, dann an vielen Stellen zwischen den Gelenken, bei einzelnen Thieren im Bauchfell u. s. w. Man nimmt an, dass dies sogenannte sensible Nervenendigungen seien, welche Druckreize nach den Centraltheilen des Nervensystems hinbefördern sollten, um dort die Auslösung irgend welcher Muskelcontraction zu veranlassen. Die Reize werden auf eigenthümlich construirte Hilfsapparate ausgeübt. Die Nervenendigungen sind nicht frei, sondern werden hüllenartig von verschiedenen Gewebstheilen umgeben. Es finden sich in ihrem Umkreis mehrere concentrisch umeinander gelagerte Gewebsschichten und ausserdem liegt die gesammte Nervenendigung in einer gallertigen, eiweisshaltigen Masse, durch welche zunächst erst die Reizwirkungen ihr übermittelt werden. Viele dieser Endigungen dienen direct dazu, von aussen her einwirkende Reize zu empfinden. Sie liegen deswegen unter der Oberhaut innerhalb der zapfenförmigen Vorsprünge, welche von der Unterhaut in die letztere sich hineinerstrecken. An einzelnen Stellen sind sie besonders häufig, so an den Fingerspitzen, am Lippenrand, innerhalb der äusseren Geschlechtsapparate u. s. w. Bei niederen Thieren hat man diese Nervenendigungen noch nicht gefunden, wohl aber bei den meisten höheren Thieren und vor allen Dingen in grösster Ausdehnung bei den warmblütigen Thieren, Vögeln, Säugethieren und selbstverständlich auch beim Menschen. Sie führen die Bezeichnung Tastkörperchen oder nach ihren Entdeckern: Vatersche, Pacini'sche, Herbst'sche, Krause'sche Körperchen u. s. w.

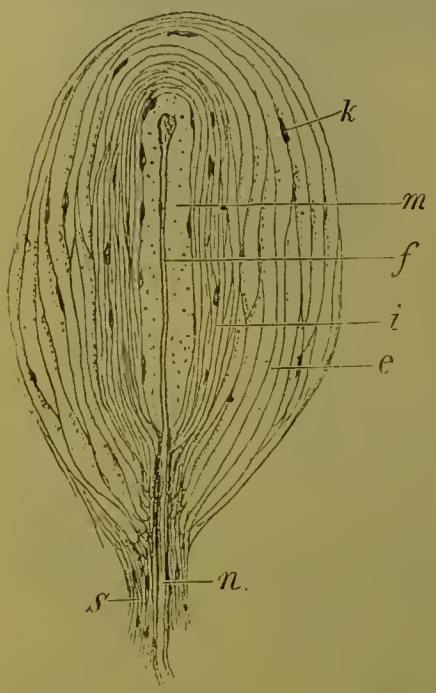


Fig. 52. Vatersches Körperchen aus dem Finger des Menschen. s Stiel. n Nervenfaser. f sog. Terminalfaser in der Achse des Innenkolbens m. i innere Lamelle. e äussere Lamelle. k Kern der Lamellenzelle.

5. Die Bindesubstanzen.

Die einzelnen Gewebe des Körpers sowohl als auch die einzelnen Organe können nicht sammt und sonders durch einfaches Aneinander-

legen der ebengenannten Gewebe wirken, sondern es müssen Zwischengewebe auftreten, durch welche die verschiedenen Zellen miteinander verbunden werden, welche ausserdem Hüllen, Stützen u. s. w. abgeben oder feste Substanzen für die Anheftung einzelner Gewebszellen, wie beispielsweise der Muskelzellen, bieten. Alle diese Gewebe hat man nun als Bindesubstanzen bezeichnet und zählt dazu die weite Gruppe der eigentlichen Bindegewebe und die Knorpel- und Knochenmassen des Körpers. Was die grössere Anzahl dieser Gewebe auszeichnet, ist das Vorhandensein von Zellzwischensubstanz. Es wirken die Zellen nicht allein durch sich selbst, sondern zum grossen Theil durch Massen, welche von ihnen abgeschieden werden, zwischen ihnen auftreten und eine Reihe von sehr charakteristischen Eigenthümlichkeiten zeigen.

Die Knorpel und Knochen des thierischen Körpers bestehen der Hauptsache nach aus solchen Zellzwischensubstanzen, während die lebenden Elemente der eigentlichen Zellen häufig gegen die Zwischensubstanz zurücktreten, nur den kleineren Theil des gesammten Gewebes ausmachen.

Das Bindegewebe. Die Zellen des Bindegewebes sind ganz verschiedener Natur. Zum Theil sind es rundliche Zellen mit runden Kernen, zum Theil aber auch platte, scheibenförmige oder langgestreckte, spindelförmige, häufig wie die Nervenzellen in zahlreiche Ausläufer ausgezogene Elemente. Die Substanz der Zelle bleibt verhältnissmässig lange activ; die Kerne zeigen grosse Massen von Chromatin, färben sich in Folge dessen sehr lebhaft. Der Zellkörper erscheint entweder homogen oder sehr feinkörnig ausgebildet, in nur seltenen Fällen ist die Zellsubstanz grobkörnig. Aeusserlich verdichtet sie sich und setzt sich dann in Zwischensubstanz unter Umständen ohne scharfe Grenzen fort. Diese Zwischensubstanzen sind höchst charakteristisch. In vielen Fällen treten sie in Gestalt von Fasern auf, die ganz bestimmte Formen besitzen. Die Fasern können äusserst fein sein oder sie sind gröber, unter Umständen ziemlich stark. Sie lagern sich in der mannigfachsten Weise aneinander an; dann und wann bilden sie netz- oder plattenförmige Gebilde, hin und wieder ganze Membranen; alle zeichnen sich aber durch einen hohen Grad von Elasticität aus. Es wird diese Elasticität noch dadurch gesteigert, dass die Fasern in den Netzen und in den Membranen nicht regelmässig nebeneinander liegen, sondern zum Theil verfilzt sind und ausserdem nicht gestreckt verlaufen,

sondern vielfach gebogen, gekrümmt, geknickt u. s. w. erscheinen. Es findet sich dies sogenannte fasrige und elastische Gewebe eigentlich in allen Organen des höheren Thierkörpers. Es ist dasjenige, welches die verschiedenen Gewebe miteinander verbindet, es ist dasjenige, welches die einzelnen Organe aneinander heftet. Beim Menschen und bei den höheren Thieren tritt es häufig in Form von Bändern, Sehnen u. s. w. auf. Betrachtet man eine Sehne auf dem Querschnitt, so zeigt sich, dass sie von zahlreichen kleineren Faserbündeln durchsetzt wird. Zwischen diesen liegen zellige Elemente,

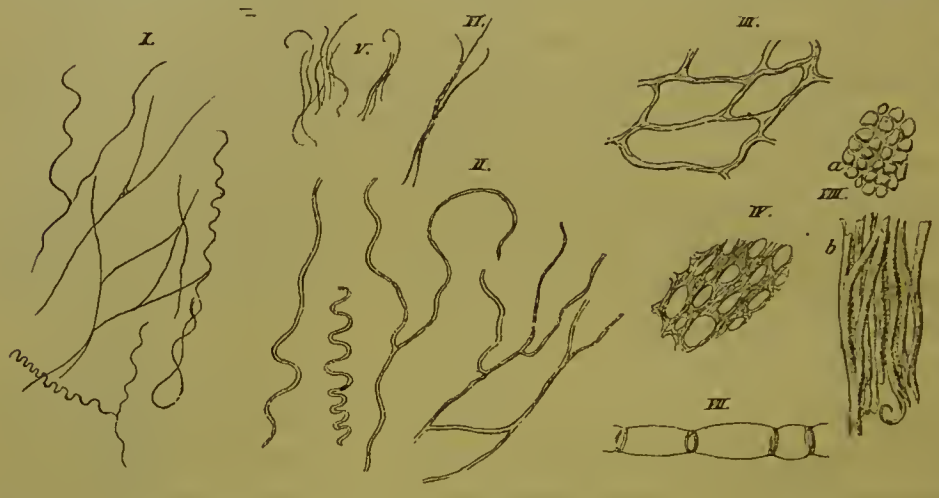


Fig. 53. Verschiedene Formen der elastischen Fasern. I Sehr feine Fasern. II Grössere elastische Fasern, zum Theil netzartig untereinander verbunden. III Netzförmig ausgebildetes elastisches Fasergewebe. IV Elastische Membran aus der Aorta. V Elastische Fasern aus dem Sputum bei Zerfall des Lungengewebes; nach Kochen mit Kalilauge erhalten. Fig. I—V vom Menschen. VI Pflanzenfaser, welche zufällig in das Sputum hineingekommen war und ev. mit einer elastischen Faser verwechselt werden könnte. VII Ringförmige Faser im Umkreis eines Bindegewebsbündels. VIII Fasern aus dem Ligamentum nuchae: a auf dem Querschnitt gesehen. Die Fasern stellen unregelmässige, das Licht stark brechende, eckige Figuren dar, dazwischen eine blassfarbige Zwischensubstanz. b Einige Fasern in der Fläche gesehen.

es sind das die noch lebenden Gewebszellen, die sich durch die Färbemittel sofort deutlich sichtbar machen lassen.

Auf dem Längsschnitt oder in Zupfpräparaten erweisen sich die Sehnen so construirt, dass Bündel von Fasern zum Theil parallel nebeneinander verlaufen; aber auch in diesen Fällen sind die Fasern nicht vollkommen gestreckt, sondern sie liegen wellenförmig nebeneinander; ausserdem werden sie durch in Reihen gestellte, noch lebende Bindegewebselemente unterbrochen, gleichsam in Bündel abgetheilt. Dort, wo elastische Netze sind, wie beispielsweise im

Bauchfell, befinden sich ganz eigenthümliche Fasern. Dieselben bestehen aus sich verzweigenden einzelnen Theilen, häufig bildet eine einzelne Faser schon ein kleines Netz für sich. Die nebenstehende Figur wird am besten ein Bild von der Ausbildung der Fasern geben. Innerhalb der zu Platten angeordneten Fasern finden sich zahlreiche Kerne, die allerdings nicht regelmässig gelagert sind. Solch' ähnliche Gewebe finden sich auch bei den meisten niederen Thieren; auch hier dienen sie dazu, die einzelnen Gewebe zu umhüllen; sie überziehen beispielsweise solche Organe, welche innerhalb der Bauchhöhle liegen. Untersucht man ein Insect, so findet sich solches Bindegewebe im Umkreis des Darmes und im Umkreis der am Darm liegenden Drüsen; es zieht sich um die Muskulatur herum, findet sich ausserdem zwischen den einzelnen Organen, verbindet die frei in der Bauchhöhle schwebenden Organe mit den Wandungen des Körpers, bildet also gleichsam Aufhängebänder für diese Organe. Es wurde oben erwähnt, dass das Bindegewebe an der Muskulatur auftritt, und es ist zu bemerken, dass es sogar einen wichtigen Theil der Musculatur ausmacht, indem es die Wirkung der einzelnen Muskelfasern unterstützt. Es umzieht die Muskelfasern hüllenartig, mehrere Fasern werden zu kleineren Bündeln zusammengefasst, liegen dann in Gewebsscheiden, welche sich über die Fasern hinaus noch fortsetzen und ausserdem mit jenem schlauchartigen Theil der Muskelfaser, der als Sarcolem bezeichnet wurde, in Verbindung treten. In dem Muskel eines höheren Thieres zeigt sich auf den ersten Blick, dass die Fleischmasse, welche von den Muskelzellen gebildet wird, an den Enden in weissliche, festere Gewebe übergeht, welche ganz allgemein als Sehnen bezeichnet werden. Es sind diese festeren Gebilde Bindegewebe, welche dichter zusammengetreten sind, die sich aber ohne Unterbrechung in den Muskel selbst hineinsenken, alle Theile desselben durchsetzen und in einzelne Bündel trennen. Die Gewebe dieser Sehnen heften nun die Muskulatur an die verschiedenen Stellen an, auf welche sie einwirken soll. Sie befestigen sie beispielsweise bei den Würmern an der äusseren Haut und lassen auf diese Weise den Hautmuskelschlauch entstehen. Sie befestigen sie bei den Insecten an die einzelnen Abschnitte der festen Körpertheile des sogenannten Hautskelets. Bei den Wirbelthieren dienen sie hauptsächlich dazu, die weiter unten zu besprechenden Knorpel- und Knochenmassen mit den Muskeln zu verbinden. Aus diesem ergiebt sich, dass das Bindegewebe ein sehr wichtiges

Gewebe innerhalb des Organismus ist und alle Berücksichtigung verdient. Wie gleich zu zeigen ist, sind die Knorpel- und Knochenmassen auf Bindegewebe zurückzuführen, ja, sie lassen sich zum Theil als Modificationen derselben auffassen.

Knorpelgewebe. Die Substanz des Knorpels zeichnet sich durch ihre grosse Elasticität aus. Sie ist durchweg das Ausscheidungsproduct von Zellen und zwar in der Regel ohne anorganische Beimischung, besteht also nur aus organischen Substanzen. Die Grundsubstanz wird als Chondrin bezeichnet. Auch hier ist zweierlei zu unterscheiden. Einmal die Zellen, welche das Gewebe aufbauen, und zweitens die Substanzen, welche von diesen Zellen nach aussen hin abgeschieden werden. Die Zellen werden als Knorpelzellen bezeichnet. Sie liegen entweder vereinzelt oder in Nestern vereinigt, oft auch in regelmässigen Zügen innerhalb der Knorpelsubstanz. Alle Knorpelzellen sind dadurch ausgezeichnet, dass in ihrem engsten Umkreis eine dichtere Masse zur Ausscheidung gelangt, die sogenannte Knorpelkapsel. Diese Masse ist fester noch als der übrige Knorpel, bricht das Licht sehr stark und daher scheinen frisch untersuchte Knorpelzellen von einer doppelt contourirten Hülle umgeben zu sein. Innerhalb der Kapsel liegt die eigentliche Zellsubstanz. Peripherisch ist dieselbe häufig vollkommen hell, dann folgt ein sehr feinkörniges Plasma und endlich im Centrum der grosse runde oder ovale Kern. An den Kernen der Knorpelzellen lassen sich stets eine grössere Anzahl von Uebergängen unterscheiden. Viele zeigen die Theilung in zwei neue Stücke sehr charakteristisch. Haben sich zwei Zellen gebildet, so trennen sich dieselben nicht sofort, sondern sie bleiben längere Zeit noch nebeneinander liegen; innerhalb derselben Kapsel können sie sich auch noch weiter theilen, so dass drei, vier u. s. w. Zellen in einer Kapsel eingeschlossen erscheinen. Liegen mehrere Zellen nebeneinander, so fehlen die Membranen vollkommen.

Das zweite Bemerkenswerthe ist die Grundsubstanz. Dieselbe kann in verschiedener Weise ausgebildet sein. Nach ihr wird auch der Knorpel benannt. Untersucht man jene Ueberzüge an den Gelenktheilen der grossen Röhrenknochen eines höheren Thieres, so zeigt sich, dass dieselben aus Knorpelmassen bestehen und zwar aus hyalinem Knorpel. Die Grundsubstanz besitzt eine bläulichweisse Färbung; sie ist sehr elastisch, lässt sich verhältnissmässig leicht schneiden. Bei der Untersuchung unter dem Mikroskop er-

scheint sie anfänglich homogen, erst nach Behandlung mit verschiedenen Reagentien lässt sich eine fasrige Structur erkennen. Zwischen den einzelnen Fasern ist dann noch eine helle Masse ausgeschieden, welche die einzelnen Theile kittet. Diese Knorpelmassen werden in vielen Fällen zum Schutz für die Knochensubstanz ausgeschieden, denn es darf der Knochen nicht direct mit anderen Geweben als mit Bindesubstanzen in Berührung kommen, weil sonst einzelne Theile desselben zerstört und wieder aufgelöst werden. Hat man beispielsweise eine Knochenmasse freigelegt, so dass sie direct unter der Muskulatur liegt, so wird dieselbe, falls das Bindegewebe nicht wieder vollkommen um sie herum wuchern kann, nach und nach vollkommen aufgelöst und an der betreffenden Stelle brüchig.

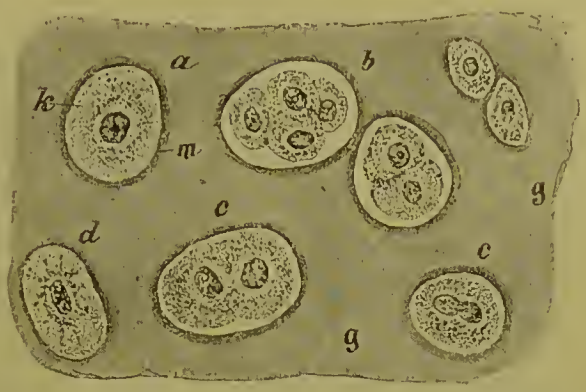


Fig. 54. Hyaliner Knorpel. k Knorpelkörperchen, g Grundsubstanz. Bei a ist nur ein Knorpelkörperchen entwickelt. Bei b liegen vier innerhalb einer Kapsel. Bei c Knorpelkörperchen in Theilung begriffen. d Knorpelkörperchen mit strahlig angeordnetem Zellinhalt. m Kapsel der Knorpelkörperchen.

Die zweite Ausbildungsweise dieser Bindesubstanz wird als elastischer Knorpel bezeichnet. Die Färbung desselben ist gelblich. Die Knorpelzellen zeigen Aehnlichkeit mit den oben besprochenen. Die Grundsubstanz verhält sich aber wesentlich anders. Zunächst ist sie weniger durchscheinend und weniger elastisch als der hyaline Knorpel. Bei der Untersuchung unter dem Mikroskop zeigt sich, dass sie aus lauter stärkeren, untereinander eng verfilzten Fasern besteht. Die einzelnen Fasern bilden oft wieder, wenn sie

Fig. 55. A. Netzknorpel. B. Faserknorpel; aus dem Gehörorgan des Menschen.

isolirt werden, Netze, daher die Bezeichnung Netzknorpel. Auch hier werden die einzelnen Fasern eng zusammengekittet, jedoch nicht so innig, wie es bei dem hyalinen Knorpel der Fall war.

Die letzte Gruppe des Knorpels, der sogenannte Faserknorpel oder Bindegewebsknorpel, ist dem Netzknorpel ziemlich ähnlich, besitzt aber eine weissliche Färbung, ist sehr fest, weicher und biegsamer als hyaliner Knorpel, bricht nicht leicht. Er setzt sich aus einer Anzahl von Bindegewebsbündeln zusammen, welche untereinander verkittet sind. Das Bindegewebe der Grundsubstanz ist fest, fasrig und besteht aus stärkeren und feineren Fibrillen. Besonders an den Rändern geht dieser Knorpel, wie auch die vorhergenannten, in Bindegewebe über. Es findet sich im Umkreis eines jeden Knorpelgewebes auf der Oberfläche desselben eine bindegewebige Haut, die sogenannte Knorpelhaut (Perichondrium). Dieselbe besteht aus einem straffen, fasrigen Gewebe, enthält aber zahlreiche Capillargefässe und einzelne Nerven, wodurch sie sich von den übrigen Knorpelmassen unterscheidet. Denn innerhalb des Knorpels finden sich nur verhältnissmässig wenig Blutgefässe; es ziehen sich einzelne grössere Stämme durch denselben hindurch und verästeln sich sparsam in demselben. Dort, wo die Knorpel grössere Massen bilden, sind sie vollkommen gefässlos.

Knochengewebe. Dasselbe ist das festeste aller Gewebe, welche innerhalb des thierischen Organismus vorkommen. Es ist das eigentliche Knochengewebe wohl zu unterscheiden von jenen Substanzen, welche vielfach von niederen Thieren ausgeschieden werden und in ihrer chemischen Zusammensetzung den Knochen etwas gleichen, indem sie ebenfalls zum Theil aus Kalksubstanz bestehen. So sind die Skelete vieler Schwämme, dann die der Corallen und Verwandten, der Seeigel und endlich einiger Krebse zum grössten Theil aus Kalk zusammengesetzt. Der Kalk wird in Gestalt von Nadeln, kleinen Platten oder grösseren festen Stücken, Panzern u. s. w. ausgeschieden, zeigt jedoch nicht die Structur wie jene Kalkausscheidungen im Körper der Wirbelthiere, die als eigentliche Knochen bezeichnet werden. Das Charakteristische des Knochens ist die Grundsubstanz, im Uebrigen bietet er manches Abweichende von den bisher besprochenen Bindegeweben.

Auch hier lassen sich, wie beim Knorpel, die lebenden Elemente, die Knochenzellen, und die von diesen ausgeschiedenen Substanzen unterscheiden. Die Knochenzellen sind unregelmässig läng-

lich, am Rande in zahlreiche Spitzen ausgezogen; sie liegen innerhalb einer Kapsel, deren Wandungen aber sofort von der Grundsubstanz

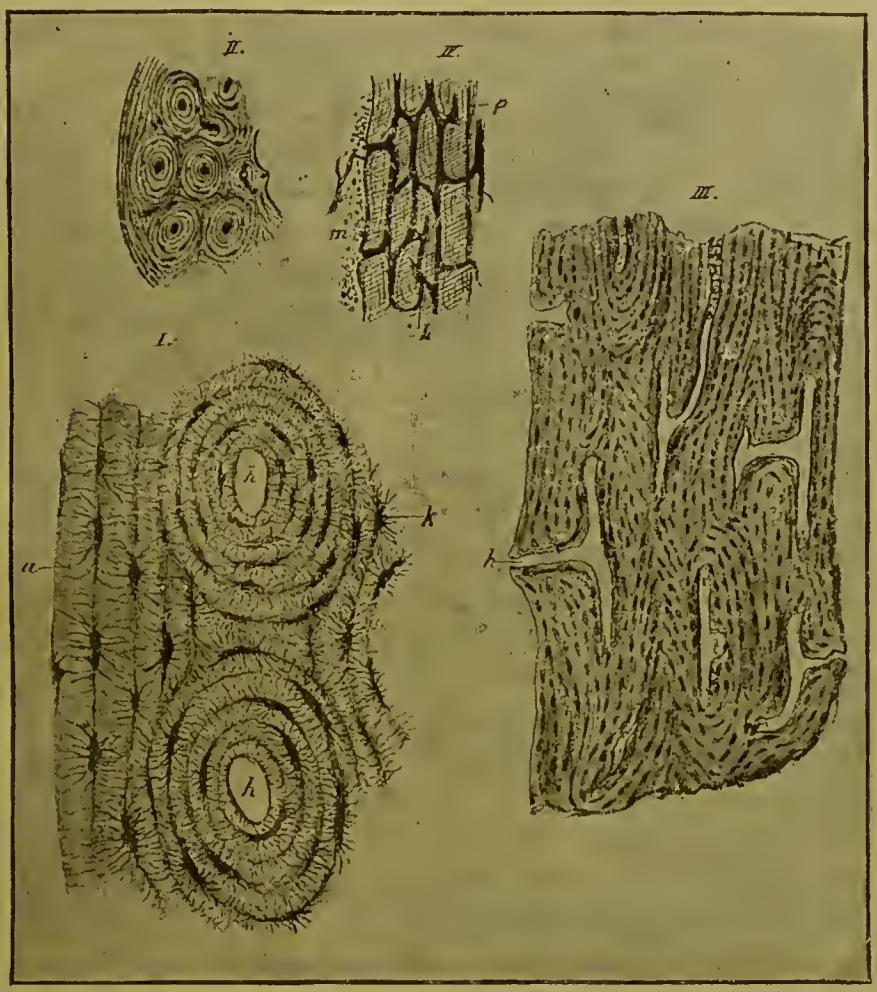


Fig. 56. Structur der festen Knochenmassen. I Stückchen aus dem Querschliff eines Röhrenknochens; a die peripherisch verlaufenden Lamellen, h Havers'sche Kanälchen im Querschnitt, jedes von mehreren concentrisch angeordneten Lamellen umgeben, k Knochenkörperchen. II Ein Stückchen Knochensubstanz mit verschiedenen Lamellen; die dunkleren Punkte sind die durchschnittenen Havers'schen Kanälchen. III Längsschliff aus einem Röhrenknochen des Menschen; h Havers'sches Kanälchen, welches in die Markhöhle mündet, die übrigen Havers'schen Kanäle sind zum Theil der Länge nach getroffen, jedoch nur unvollständig vorhanden. Die Anordnung der Knochenkörperchen geschieht in Curven und Zügen im Umkreis der Kanälchen. IV Schema des längsgeschliffenen Knochens; p Periost, h System der Havers'schen Kanälchen, m Marksubstanz.

gebildet werden und nur im directesten Umkreis der Zelle selbst ein etwas verdichtetes Gefüge haben. Im Innern zeigt eine jede Knochen-

zelle einen deutlichen, länglich ovalen Kern und ausserdem ein feinkörniges Plasma. Die von diesem gebildete Grundsubstanz besteht bekanntlich aus zweierlei Stoffen: einmal aus organischer Masse, dem sogenannten Knochenknorpel, welcher sich ebenso fasrig anlegt wie die Grundsubstanz innerhalb der Knorpelmassen, und zum andern ist in diesem Knorpel noch anorganische Substanz ausgeschieden und zwar Kalk. Es ist zum Theil phosphorsaurer Kalk, zum Theil Fluorcalcium oder wenig kohlensaurer Kalk. Die Knochenmasse ist aber nicht vollkommen compact, sondern sie wird im Umkreis der Knochenbildungszellen von zahlreichen sehr feinen Kanälchen durchsetzt, die sämmtlich ihren Ursprung im Innern des Kapseltheiles nehmen, welcher von der Zelle erfüllt wird. Die Kanälchen stehen untereinander durch Verbindungskanälchen in Communication und ausserdem stehen benachbarte Zellen durch diese Kanälchen in directer Verbindung. Dadurch entsteht innerhalb der Grundsubstanz ein sehr weit verzweigtes Netz feinster Saftröhrchen, in welchem die flüssigen Bestandtheile ungehindert circuliren können und eine normale Ernährung des Knochens auszuüben vermögen. Die Knochenzellen besitzen ausserdem im Allgemeinen eine längliche Gestalt, sie legen sich nicht so unregelmässig zueinander an, wie dies von den Knorpelzellen angeführt wurde, sondern sie ordnen sich in regelmässige Reihen, bleiben einzeln und getrennt voneinander. Schneidet man aus den Röhrenknochen z. B. eine dünne Platte heraus und schleift dieselbe auf feinen Steinen bis zur Dicke eines mikroskopischen Präparates, so zeigt diese Platte bei der Untersuchung eine ganz eigenthümliche Structur. Von Strecke zu Strecke finden sich in ihr grössere Oeffnungen; diese Oeffnungen werden von Ringen umgeben, die zum Theil concentrisch angeordnet sind. Diese Ringe bestehen aus Knochenmassen. Zwischen ihnen liegen die schon oben erwähnten Knochenbildungszellen (Osteoblasten). Ihre Längsachsen sind parallel zu den Rändern der centralen Oeffnungen gestellt. Werden die Oeffnungen weiter verfolgt, so stellt sich heraus, dass sie Querschnitte von Kanälen darstellen. Diese Kanäle durchziehen den Knochen in ganz bestimmten Richtungen, sie werden nach ihrem Entdecker als Havers'sche Kanälchen bezeichnet. Zahlreiche solcher ringförmiger Systeme liegen nun im Umkreis eines Röhrenknochenquerschnittes und werden durch Zwischenstücke vereinigt, die ebenfalls einen lamellösen Bau zeigen. Das gesammte Kanalsystem wird dann äusserlich von Knochenlamellen umhüllt, die sich parallel zur Oberfläche hinziehen.

Fernerhin zeigt sich bei der Verfolgung des Kanalsystems, dass dasselbe seinen Ursprung an der Peripherie des Knochens nimmt und bei den Röhrenknochen in das Innere des hohlen Knochens einmündet. Durch die Kanäle ziehen die Blutgefässe u. s. w. hin. Das Innere des Knochens wird von sogenanntem Mark oder auch, wie bei den Vögeln, von Luft erfüllt. Untersucht man den Kopf eines grossen Röhrenknochens, z. B. den des Oberschenkels oder Oberarmknochens, so weist derselbe eine eigenthümliche Structur auf. Wird er der Länge nach durchsägt, und aus ihm eine feine Platte herausgenommen, dieselbe dann von aller organischen Substanz gereinigt und genau betrachtet, so ergiebt sich sofort, dass in diesem Kopftheil, welcher ja einen grossen Druck auszuhalten hat, die Knochensubstanz ganz eigenthümlich ist. Die Zellen haben sich derartig aneinander gelagert, dass die Grundsubstanz, welche sie umzieht, in der Form feinster Bälkchen und Plättchen entwickelt ist. Diese dünnen Knochenmassen bilden insgesammt ein ungefähr schwammiges Gewebe. Betrachtet man sie jedoch genauer, so zeigt sich, dass sie nicht unregelmässig aneinandergelagert sind, sondern in ganz regelmässige Curven zusammengefügt erscheinen, und zwar stehen die Curven in der Richtung des Druckes. Es geschieht diese Anordnung aus mehreren Gründen: theils wird dadurch eine Menge Material gespart, dann aber auch dem Knochen eine grösstmögliche Festigkeit und Leichtigkeit gegeben. In den Hohlräumchen, welche auf diese Weise entstehen, ist sogenanntes Mark ausgeschieden.

Die Marksubstanz besteht aus einem fettreichen Zellconglomerat. Ausserdem ist sie unter Umständen sehr blutreich, besonders in jungen Knochen. Die Markzellen sind rundlich, gleichen zum Theil den Lymphzellen. An vielen Orten kommen jedoch auch sogenannte Riesenzellen vor: es sind das grössere Zellkörper mit zahlreichen Kernen im Innern. Das Mark hat zum Theil die Functionen, weisse Blutkörperchen in rothe umzuwandeln; ausserdem dient es aber auch zur Ernährung des Körpers und endlich setzt es das specifische Gewicht des Knochens herunter, weil es selbst aus specifisch leichtem Material, aus Fett, besteht.

Der Knochen bildet sich aus Knorpelgewebe und zwar aus Faserknorpel. An jenen Stellen, wo das Wachsthum vor sich geht, ordnen sich die Knorpelzellen zunächst in regelmässigen Reihen an. Die einzelnen Reihen stehen senkrecht zur Richtung des Knochenwachsthums. Die Intercellularsubstanz im Umkreis der einzelnen

Zellen wird nun nach und nach verändert, die Knorpelzellen erfahren selbst Umbildungen und an ihre Stelle treten die eigentlichen Knochenbildungszellen, welche alsbald in ihrem Umkreis Grundsubstanz und Knochenmasse ausscheiden und so langsam zur Bildung des Knochens überführen. Das Wachsthum desselben geht entweder im Innern des Knochens vor sich und zwar an Stellen, welche erst sehr spät verknöchern und die als Nähte oder Suturen bezeichnet werden. Es sind das Bindegewebslamellen innerhalb des Knochens. Auf beiden Seiten desselben gehen fortwährend Verknöcherungen vor sich, während die eigentliche bindegewebige Substanz erst spät, unter Umständen niemals, verschwindet. Ausserdem findet auch ein Wachsthum des Knochens an der Oberfläche statt. Es liegt hier ähnlich wie beim Knorpel auch eine bindegewebige Haut an, die sogenannte Knochenhaut (Periost). Von der Innenfläche dieser Haut werden fortwährend Knochenzellen producirt, Zellen, welche sich den Knochen fest anheften und in ihrem Umkreis neue Knochensubstanz erzeugen. Ausserdem gehen aber auch vom Periost aus Blutgefässe, Bindegewebssubstanzen und Nerven zum Theil in die Knochenmassen hinein und befestigen die Knochenhaut mit den Knochen und dienen ausserdem zur Ernährung des Knochens. An das Periost setzen sich dann die Sehnen an, welche schliesslich die Muskulatur mit dem Knochen befestigen.

Das Fettgewebe. An das Bindegewebe werden gewöhnlich jene Zellen angereiht, welche das als „Fett“ bekannte Reservematerial des Körpers in sich ausgeschieden enthalten. Es muss aber zunächst bemerkt werden, dass sich Fett in den meisten thierischen Geweben normaler oder nicht normaler Weise vorfindet. Eine ganze Anzahl von Zellen gehen durch „fettige Entartung“ zu Grunde, ein Beweis dafür, dass die Zellsubstanz das Bestreben hat, Fette in sich abzuscheiden. Zahlreiche Fettausscheidungen finden sich in einzelnen Epithelien, so in dem Epithel, welches die Talgdrüsen, die Lebergänge, sowie die Milchdrüsen zur Zeit der Milchabsonderung auskleidet. Grosse Quantitäten verschiedener Fette sind in den Eizellen enthalten, welche frei nach aussen abgelegt werden, denn das Fett ist zur Unterstützung der Zellthätigkeit unbedingt nothwendig; es wird abgeschieden, sowie die Gewebe in Ruhe verharren, es wird verbraucht, sobald die Gewebe, respective die einzelnen Zellen, in gesteigerte Thätigkeit versetzt werden. Menschen, welche ein beschaulich ruhiges Leben führen,

dabei mehr Nahrung aufnehmen, als der Körper nöthig hat, werden leicht Fett ablagern, während jene Menschen, welche bei mässiger (jedoch nicht ungenügender) Nahrung eine vollkommen körperliche Thätigkeit ausüben, keine übergrosse Fettmasse in ihren Geweben ablagern; Matrosen, Zimmerleute und Schmiede sind selten fett. — Auf diese Eigenartigkeit bestimmter Gewebe, Fett schnell in grossen Massen ausscheiden zu können, nimmt auch der Viehzüchter Rücksicht, wenn er seine Thiere bei grösster Ruhe und mehr denn reichlicher Nahrung in kürzester Zeit „fett macht". Es scheidet sich in den letztgedachten Fällen das Fett in bestimmten Geweben ab und zwar innerhalb von Bindegeweben, besonders jenen, welche unter der Haut, zwischen den Eingeweiden und Muskeln, liegen. Die Zellen, welche Fett produciren, lagern dasselbe in ihrem Körper ab; das Fett ist flüssig und strebt daher danach, Kugelform anzunehmen; dadurch treibt es den Zellkörper blasig auf. In mikroskopischen Präparaten, aus denen das Fett durch Benzin oder Benzol u. s. w. ausgezogen war, erscheinen die Fettzellen als blasige, eng nebeneinander gelagerte Gewebsmassen. Ueberosmiumsäure färbt das Fett in den Präparaten schwarz und dient daher in der Mikroskopie als Reagenz für fetthaltige Theile der Zellen.

Sowohl der Knorpel als auch der Knochen legen sich erst verhältnissmässig spät in dem sich entwickelnden Thierkörper an. Das erste, was sich stets entwickelt, ist Bindegewebe und zwar zunächst ein fasriges oder gallertiges Gewebe. Die Gewebszellen ordnen sich dann allmählich in bestimmten Regionen an; ihr Inneres verändert sich und ausserdem beginnt alsbald die Ausscheidung grösserer Mengen von Intercellularsubstanz. Es bleibt die Intercellularsubstanz sehr lange fasrig und können auch wohl die Faserknochen als die primären bezeichnet werden. Die ersten Knorpelmassen, welche sich in dem Thierreiche finden, treten schon bei den Quallen auf, es sind das jedoch Bindegewebe mit nur wenig Intercellularsubstanz. Ausserdem sind die Zellen derselben absolut nicht mit jenen Knorpelzellen höherer Thiere zu vergleichen. Grössere Knorpelmassen finden sich weiterhin bei den Weichthieren (Mollusken) und zwar im Kopftheil der Tintenfische, woselbst sie Hüllen um das Nervensystem und um die Sinnesorgane herum bilden.

Bei den Wirbelthieren endlich legen sich die ersten Knorpelmassen in den Umkreis des Centralnervensystems an. Es findet sich bei allen Wirbelthierembryonen unter dem Centralnervensystem anfänglich ein Bindegewebsstrang, welcher von vorn nach hinten den Körper durchzieht und niemals fehlt. Die einzelnen Zellen, welche ihn zusammensetzen, sind grossblasig; in ihrem Umkreis scheiden sich sehr bald differenzirte Gewebe aus, welche um die Rückensaite (Chorda dorsalis), wie das Gebilde genannt wird, eine Scheide bilden,

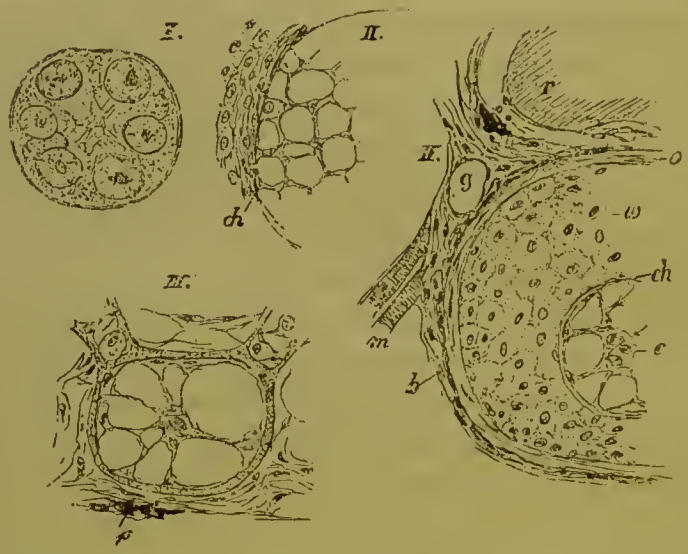


Fig. 57. Chordagewebe des Wirbelthierkörpers. I Chordazellen aus einem 3 Tage bebrüteten Hühnerembryo. II Chordagewebe eines 8 Tage lang bebrüteten Hühnerembryos. Es ist nur ein Theil der Chorda ausgezeichnet. Das eigentliche Chordagewebe ist grossblasig. Im Umkreis liegen Bindegewebe, die Chordascheiden eh; auf dieser die Anlage vom Knorpelgewebe. III Chorda aus einer Salamanderlarve. Im Umkreis derselben liegt eine knorpelartige Hülle, von der nach oben bogenförmig Fortsätze um das Rückenmark herum abgehen. An den Seiten Bindegewebe. Bei p eine Pigmentzelle. IV Chorda derselben Larve aus der Mitte einer Wirbelknochenanlage. c Chordagewebe; eh Chordascheide; w knorpelige Anlage des Wirbelkörpers; o Periostschicht; auf dieser fasriges Bindegewebe; m zwei Muskelfasern; g Gefässlumen; r Rückenmark, nur angedeutet.

die sogenannte Chordascheide. Dieselbe setzt sich nach aussen zu allmählich in immer differenzirtere Bindegewebsmassen fort. Von hier aus ziehen sich dann Bindegewebsstränge bogenförmig um das Gehirn und Rückenmark herum. Bei den niederen Fischen wandelt sich das Gewebe im Umkreis der Chorda alsbald in Knorpelmassen um, verknöchert aber nicht, sondern bleibt zeitlebens knorpelig. Bei höheren Fischen, so bei den Knochenfischen, treten innerhalb des Knorpels alsbald Kalksalze auf. Es bilden sich Knochenmassen

und zwar ringförmig hintereinander angeordnet unter dem Rückenmark; dieselben werden als Wirbelkörper bezeichnet. Endlich bilden sich auch Bögen nach der Seite und um das Rückenmark herum und damit ist die erste Anlage der festen Wirbelsäule gegeben, an welche sich dann die übrigen Knochen und Knorpelmassen ansetzen. Die Chorda bleibt bei Fischen zeitlebens bestehen, bei den übrigen Wirbelthieren verschwindet sie entweder theilweise, oder vollkommen; beim Menschen finden sich nur noch letzte Reste derselben in den Massen, die zwischen je zwei Wirbelkörpern liegen, lassen jedoch nichts mehr von der ursprünglichen eigenartigen Structur erkennen.

Die bisher genannten Zellen gehen nun in grössere Gewebe und in die verschiedensten Organe ein. Innerhalb eines Gewebes kommen meist mehrere Zellarten vor, jedoch überwiegt die Function einer Zellart über die der andern und in Folge dessen kann man beim Gewebe von Zellen erster und zweiter Ordnung sprechen. So sind beispielsweise innerhalb der Muskulatur hauptsächlich die contractilen Fasern die physiologisch wichtigen, alle übrigen Zellen dienen mehr oder minder als Hilfsapparate zur Unterstützung der genannten Fasern. Im Sinnesorgan, beispielsweise im Auge, können alle Zellen, welche wir oben anführten, vorhanden sein und trotz alledem ist das physiologisch Wichtige: das Sinnesepithel, welches stets in ziemlich gleichmässiger Ausbildung vorhanden sein muss, während alle übrigen Gewebszellen mehr oder minder verändert sein können, und auch innerhalb verschiedener Thiergruppen verschieden ausgebildet sind. Es wird daher zweckmässig sein, dass wir wenigstens an zwei Beispielen uns Klarheit darüber verschaffen, wie Organe gebaut sein können und wie die Functionen der einzelnen Zellen innerhalb des Organs sind; für den einen Fall nehmen wir den Verdauungsapparat, für den andern Fall das Auge als Sinnesorgan.

Der Verdauungsapparat.

Derselbe stellt sich in der Regel als ein mit zwei Hauptfunctionen versehenes Rohr dar, dessen Innenseite von einer zusammenhängenden Zellschicht, dem sogenannten Epithel überzogen wird. Dies Epithel hat nun an verschiedenen Stellen ganz verschiedene

Functionen. Es wurde schon erwähnt, dass es allerorts in die umliegenden Gewebe schlauchförmige Ausstülpungen treibt und hier als drüsiger Apparat functionirt, das heisst, es wird von diesen Ausstülpungen ein Secret geliefert, welches dazu bestimmt ist, der Speise beigemengt zu werden und dann dieselbe aufzulösen. Ein anderer Theil der Epithelzellen hat die Functionen, die umgewandelte und verflüssigte Nahrung aufzunehmen, sie gleichsam aus dem Darm aufzusaugen oder unter Umständen nach Art der Amöben zu umfliessen und so in den Körper weiter überzuführen. Es wurde schon erwähnt, dass die Epithelschicht in den verschiedenen Abschnitten des Verdauungsapparates verschieden functionirt, dass sie aber ausserdem auf ganz kleinen Strecken schon einen wesentlich voneinander verschiedenen Bau aufweist und dass die Zellen getrennte Functionen besitzen.

Um nun die Drüsenschicht zusammenzuhalten, findet sich direct unter ihr ein Bindegewebe, welches schlauchförmig den gesammten Verdauungskanal umzieht. In demselben verlaufen Blutgefässe, oder bei höheren Thieren Lymphgefässe und in einem geschlossenen Capillarnetz das eigentliche rothe Blut.

Um die Grösse der Darmoberfläche, das heisst also die Grösse der aufnehmenden Epithelzone auf ein Maximum zu bringen, finden sich — entgegengesetzt den drüsigen Einstülpungen — im Darminnern warzen- oder fadenförmige Verwölbungen, feine Zotten, die vom Epithel überzogen werden, sich in den Speisebrei hineinsenken und aus demselben in energischer Weise Stoffe aufsaugen. An Stelle der Zotten stehen hin und wieder grössere Falten.

Um nun weiterhin die Speise, welche in diesen Kanal eingeführt wird, durch denselben hindurch zu treiben, finden sich über den genannten Schichten schlauchförmige Muskellagen; zum Theil ziehen dieselben, in Längsbündeln angeordnet, parallel zum Darminnern oder sie sind als Ringmuskeln entwickelt, welche den Darm vollkommen ringförmig umfassen. Diese Muskeln bewegen sich rhythmisch oder, wie es genannt wird, sie führen peristaltische Bewegungen aus. Dadurch wird die Nahrungsmasse langsam von vorn nach hinten gedrängt, sie wird aber auch gleichzeitig zum Theil zwischen die Zotten und in die Epithelien hineingepresst. Die Muskulatur kann aber nicht für sich bestehen, sondern es müssen die einzelnen Muskelfasern mit gewissen Nervenelementen in Verbindung treten; die Nervenelemente führen wieder in Nervencentren,

das heisst in Anhäufungen von Nervenzellen (Ganglien). Diese Ganglien, welche besonders bei höheren Thieren den Verdauungsapparat innerviren, das heisst, mit Nerven versehen, werden als die sympathischen bezeichnet; sie stehen zum Theil mit dem Rückenmark und auch wohl mit dem Gehirn in directer Verbindung, besitzen aber doch immerhin eine grosse Selbstständigkeit. Sie stehen, wie auch die zugehörige Muskulatur, nicht unter dem Einfluss des Willens, sie werden durch den verschiedenen Füllungsgrad des Darmrohrs in verschiedene Thätigkeit versetzt. Ein Theil der Nerven geht auch an die Drüsen heran und veranlasst die Secretion innerhalb derselben. Schliesslich kann dann wieder der gesammte Verdauungsapparat von einer Bindegewebshülle umgeben werden, welche sich in Bänder und Platten auszieht, vermittelst derer dies Organsystem in der Leibes- oder Bauchhöhle des Thieres befestigt ist. Das eigentliche physiologisch wichtige Gewebe ist hier selbstverständlich das Epithel, welches den gesammten Darm auskleidet; es fehlt auch keinem Thiere. Die Bindegewebe und die complicirte Muskulatur kann zum Theil fehlen. Bei niederen Würmern wird die Peristaltik durch Bewegungen des gesammten Hautmuskelschlauches vermittelt. Es stellt hier der Darm nur ein einfaches Rohr dar, welches allerdings, an einer Stelle wenigstens, etwas complicirt und mit muskelartigen Elementen ausgestattet ist (am Mundtheile). Von dem Bindegewebe ist vor Allem zu bemerken, dass es nur eine Nebenfunction ausübt. Es findet sich hier wie in allen andern Organen als Stützgewebe, um die einzelnen Schichten zusammenzuhalten und vor dem Auseinanderweichen zu schützen.

Das Auge.

In diesem Sinnesorgan sind die Gewebe in der verschiedensten Weise differenzirt, zum Theil haben wir daselbst auch solche vor uns, welche zum Zweck einer möglichst grossen Vervollkommnung des Sehapparates eigenthümliche Umwandlungen erfahren haben. Als wenig modificirte Gewebe sind die Aussentheile des Auges anzusehen, also vorn die Hornhaut, dahinter die weisse harte Haut, dann die der letzteren im Innern aufliegenden Blutgefässe und Nerven.

Die Hornhaut (Cornea) besitzt zu äusserst Epithelschichten, welche die Vorderfläche der gesammten Haut überziehen, unter dieser Epithelschicht, die aus mehreren Lagen unregelmässig ge-

stalteter Zellen besteht, liegt eine elastische Membran, welche selbstverständlich aus Bindegewebe gebildet wird. Auf dieselbe folgt ein stärkeres Bindegewebe, in welchem wir auf Schnitten Fasern, Kerne u. s. w. erkennen können. Im lebenden Zustande sind alle diese Theile vollkommen wasserhell und gestatten dem Licht einen Eintritt in das Innere; ausserdem gehen in die Hornhaut eine Anzahl von Nerven hinein und überdies finden sich in ihr Spalträume, in welchen Blutflüssigkeit, d. h. Lymphe circulirt. Die Innenfläche der Hornhaut wird von Endothel überzogen.

Die harte oder weisse Haut (Sclera) wird ebenfalls aus festen Bindegewebsbündeln zusammengesetzt. Dieselben durchkreuzen sich nach verschiedenen Richtungen hin. Bei einzelnen Thieren, z. B. bei den Vögeln, dann noch bei dem Hecht und anderen Fischen, können die Theile der harten Haut zum Theil verknöchern und endlich können in ihr Knochenplatten auftreten, welche zum Schutz des Augapfels und zur Herstellung einer festen Form desselben dienen.

In der Gefässhaut des Auges finden sich mehrere Gewebs-Gruppen vor; zum Theil sind es Bindegewebe, zum Theil dunkle Pigmentgewebe, welche hier auftreten. Dazwischen treffen wir aber auch glatte Muskelfasern; einige derselben gehören den Blutgefässen an, ein Theil derselben hat aber besonders bei einigen niederen Wirbelthieren ganz bestimmte physiologische Functionen, auf die hier nicht näher eingegangen werden kann. Mit den oben genannten Elementen ziehen auch Nerven in die Gefässhaut hinein. Vorn setzt sich diese Haut in die Regenbogenhaut fort, welche hinter der Hornhaut gelegen ist und sich äusserlich schon durch ihre Färbung markirt. Es ist das ein ringförmiger Apparat, in der Mitte durchbrochen; in ihm finden sich zwei Muskelschichten, einmal eine ringförmige und dann eine radiär verlaufende, ausserdem kommen in der Iris eine grosse Anzahl von Pigmentzellen vor. An der Oberfläche sind dieselben vollkommen dunkel, vorn sind sie heller, verschiedenartig gefärbt.

Das eigentlich wichtigste Gewebe innerhalb des Auges ist aber die Netzhaut (Retina), welche sich auf der Gefässhaut ausbreitet. Sie besteht aus eigenthümlich umgewandelten Epithelzellen, ausserdem aus Nerven mit ihren Ganglien und ihren Fasern. Die eigentlichen Sinnesepithelien der Netzhaut, welche also die Lichtstrahlen zunächst aufzunehmen und dann dem Nervensystem zu

übermitteln haben, sind langgestreckt; sie tragen an ihren freien Enden jene Apparate, welche festere Structur und langgestreckten Bau besitzen, die Stäbchen und Zäpfchen.

Die Zäpfchen sind kegelförmig, die Stäbchen langgestreckt cylindrisch. Sie setzen sich auf den eigentlichen Zellkörper an, welcher schlank ist, bei einigen Thieren bauchig aufgetrieben erscheint und in seinem unteren Theile einen Kern erkennen lässt. An diese Zelle setzt sich im Innern eine Nervenfaser an, dieselbe erstreckt sich weiter und geht in Nervenelemente über, welche sich in der Form von grossen Ganglienzellen darstellen; ausserdem finden sich aber neben diesen grossen Ganglienzellen noch eine ganze Reihe kleiner, deren specielle Functionen man noch nicht genau kennt. Schliesslich setzen sich diese Ganglienzellen mit besonderen Ausläufern in die Verzweigungen des Sehnervs hinein fort, der Sehnerv breitet sich über die gesammte Netzhaut aus und verläuft dann nach der Mitte des Auges hin, woselbst sich die einzelnen Fasern sammeln, um zusammen durch den Hintergrund des Auges als sogenannter Sehnerv hindurch zu treten. In dieser Netzhaut finden auch wieder bestimmte Differenzirungen statt, indem eine Stelle hauptsächlich zur Aufnahme der Lichteindrücke bestimmt ist. An dieser Stelle ändern sich die Gewebe zum Theil in beträchtlicher Weise.

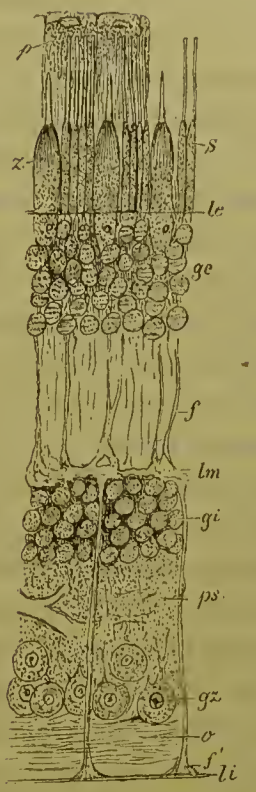


Fig. 58. Schnitt durch die menschliche Retina, nach Zeichnungen verschiedener Autoren u. Präparaten construirt. p Zwei Pigmentzellen, welche die Stäbchen s u. Zapfen z umgeben, rechts ist das Pigment fortgelassen; le äussere Grenzmembran; ge äussere Körnerschicht (Schicht der Zapfen- und Stäbchenkörner); f äussere Stützfasern, zwischen welchen die Stäbchen- und Zapfenfasern verlaufen; lm gefensterte Membran; gi innere Körnerschicht; ps Schicht der Protoplasmafortsätze der Ganglienzellen und der Capillargefässe (granulirte Schicht); gz Ganglienzellen; o Opticusfaserschicht; f' Radiärfaser, welche der Membrana limitans interna aufsitzt.

Auch die Netzhaut wird von Blutgefässen in ihrem nervösen Theile durchzogen. Neben den Blutgefässen finden sich Lymphgefässe.

Die eben besprochenen Theile des Auges werden aus Zellen

zusammengesetzt, welche alle sofort zu erkennen sind und normal functioniren. Die jetzt zu besprechenden bestehen aber aus Zellen und Zellausscheidungen, welche nicht mehr den ausgesprochenen Charakter typischer Zellen besitzen.

Hinter der Hornhaut befindet sich ein Hohlraum, dieser ist mit einer vollkommen hellen Flüssigkeit erfüllt, welche als vordere Augenkammerflüssigkeit bezeichnet wird. Sie besteht zum grössten Theil aus Wasser, in welchem allerdings Eiweissstoffe und ebenso einige festere Bestandtheile auftreten. Wo sie herstammt, ist noch nicht vollkommen klar. Es ist möglich, dass sie ausgetretene Lymphe repräsentirt. Hinter der Regenbogenhaut liegt nun ein Apparat, welcher dazu dient, die eintretenden Lichtstrahlen stark abzulenken, sie zu brechen. Es ist dies die Krystalllinse. Im frischen Zustande betrachtet, stellt sie sich auch als ein vollkommen helles Gebilde dar; sie besitzt ein starkes Lichtbrechungsvermögen und lässt ohne Weiteres keine feinere Structur erkennen. Erst nach Behandlung mit verschiedenen Reagentien stellt es sich heraus, dass sie aus gesonderten Lagen von Zellen und Zellderivaten gebildet wird. Die Zellen befinden sich hauptsächlich auf der vorderen Fläche der Linse als sogenanntes Linsenepithel. Jedoch sind die Zellen desselben nicht leicht in allen Fällen nachweisbar. Am besten noch bei verhältnissmässig jungen Thieren, also bei noch unentwickelten Augen. Im Umkreis der Linse liegt eine feste, aus straffen Geweben gebildete Kapsel, die Linsenkapsel; sie stellt sich als elastische Membran dar, besitzt eine feine Streifung. Auf ihrer Innenfläche finden sich ebenfalls epithelartige Zellen, welche je ungefähr fünf- bis sechseckige Gestalt besitzen und in einer einfachen Lage angeordnet sind.

Im Uebrigen besteht aber das Linsengewebe aus straffen Fasern, welche bogenförmig vom vorderen Linsentheil nach der hinteren Fläche sich hinziehen. Durch geeignete Behandlung lassen sie sich isoliren. Sie zeigen dann eine eigenthümlich prismatische Gestalt. Die Flächen der einzelnen Prismen sind eng nebeneinander gelagert und werden ausserdem durch eine Kittsubstanz fest miteinander verbunden. Auf dem Querschnitt erscheinen sie unter Umständen langgestreckt, sechsseitig. Diese Fasern sind Producte der Epithelzellen, welche so zusammentreten, dass sie das Licht, welches in das Auge eintritt, auf dem Augenhintergrunde sammeln; geht das Licht von ausser dem Auge liegenden Gegenständen aus, so erscheinen diese Gegenstände in einem umgekehrten Bilde auf der

lichtempfänglichen Stelle der Netzhaut. Die Linse entsteht durch eine Einstülpung der äusseren Kopfhaut des Embryo; später schnürt sich diese Einstülpung vollkommen ab.

Endlich findet sich hinter der Linse noch der Glaskörper. Derselbe ist auch, oberflächlich betrachtet, scheinbar structurlos, zeigt aber bei genauer Untersuchung doch einen eigenthümlichen Bau. Gleich hinter der Linse bildet er eine festere Masse, in welcher sich sehr feine durchsichtige Fasern finden, welche ungefähr wie Bindegewebsfibrillen nach den verschiedensten Richtungen hin diesen Theil durchziehen. An einzelnen Stellen gehen die Fasern in Zellen über, welche noch deutliche Kerne besitzen. Im Umkreis des Glaskörpers ist ebenfalls wieder eine bindegewebsartige, elastische Membran ausgeschieden, welche eine ziemliche Festigkeit besitzt und diesen Apparat von der Netzhaut trennt. Ebenso befestigt sich durch diese Membran der Glaskörper an der Linsenkapsel. Wird dieser Augentheil entwicklungsgeschichtlich untersucht, so stellt sich heraus, dass derselbe aus Bindegewebe hervorgegangen ist. Die einzelnen Bindegewebszellen sind jedoch aufgequollen, gallertig geworden.

Endlich treten noch in vielen Fällen äusserlich an das Auge eine Reihe von quergestreiften Muskeln heran, die sogenannten äusseren Augenmuskeln, welche dazu dienen, den gesammten Augapfel in entsprechende Bewegungen zu versetzen. Dieselben tragen genau den Charakter derjenigen der übrigen quergestreiften Muskeln und sind von diesen in keiner Weise zu trennen. Sie stehen zum Theil unter dem Willen des Menschen, während die Muskulatur im Innern des Auges vom menschlichen Willen zum grössten Theil unabhängig erscheint.

Hier haben wir also ein Gebilde vor uns gehabt, in welchem eine grosse Anzahl von verschiedenen Geweben zur Bildung eines einzelnen Organs benutzt werden. Wir könnten sogar noch weitergehen und noch die Hilfsapparate des Auges mit in Betracht ziehen; dann finden wir auch Drüsen und zwar im Umkreis der Augenlider eine Reihe von Talgdrüsen, welche die Augenlider einfetten; weiterhin die sogenannten Thränendrüsen, welche eine Flüssigkeit liefern, die auf das Auge fliesst und dasselbe befeuchtet, seine Aussenfläche blank erhält und die Bewegungen mit möglichst geringem Widerstand vor sich gehen lässt. — Auf die übrigen Organe und Organsysteme kann hier nicht weiter eingegangen werden, sondern es müssen diese wenigen Beispiele genügen.

SIEBENTES KAPITEL.

Die Zellen des pflanzlichen Körpers.

Die Zellen des Pflanzenkörpers sind im Ganzen einfacher gebaut als diejenigen des thierischen Organismus, aber trotzdem finden sich auch hier eine grosse Reihe von Eigenthümlichkeiten, welche in Folge der Arbeitstheilung in den einzelnen Geweben und Theilen der Pflanze bedingt sind. Wie die einzelnen Zellen sich differenziren, das ist auch hier gesondert zu betrachten; allerdings lassen sich solche scharfe Unterschiede wie bei thierischen Zellen nicht aufführen, weil die Arbeitstheilungen doch nicht so weitgehende sind und ausserdem, weil die Pflanze durch ihre feste Anheftung am Boden selbstredend eine grosse Anzahl von verschiedenen Geweben entbehren kann. Alle Zellen, welche wir als Muskel-, Nerven- und Sinneszellen des thierischen Körpers kennen lernten, haben keine analogen Bildungen im pflanzlichen Körper, sondern wir können hier nur verhältnissmässig wenig Zellgruppen unterscheiden: aufnehmende, abscheidende und stützende, sowie endlich die Geschlechtszellen.

A. Die Unterschiede zwischen thierischen und pflanzlichen Zellen und Geweben.

Erst nachdem im vorhergehenden Abschnitt die einzelnen Gewebe des thierischen Körpers im Zusammenhang betrachtet worden sind, lassen sich die Zellen und Gewebe des pflanzlichen Körpers in ihrer Eigenartigkeit leicht anreihen. Die Hauptunterschiede werden, wie schon erwähnt wurde, dadurch bedingt, dass sich die Pflanzen auf wesentlich andere Weise ernähren, als die Thiere; dadurch, dass sie dem Boden angeheftet sind und der freien Beweglichkeit entbehren. Während bei den thierischen Organismen alle Organe möglichst in das Innere des Körpers hineinverlegt werden, um bei den Bewegungen nicht hinderlich zu sein, zeigt der Pflanzenkörper das Bestreben, alle seine Organe nach aussen weiter zu entfalten. Die Wurzel und die Blätter sind jene Organe, vermittelst deren die Pflanze von aussen her Nahrungsstoffe aufnimmt; sie würden dem Verdauungs- und Athmungsapparat der Thiere entsprechen, sind jedoch nie und nimmer in der Weise gebaut, wie wir dies von den betreffenden Organen des thierischen Körpers

gesehen haben. Es werden hier wie dort auch Flächen gebildet. Die Wurzel entsendet zahlreiche Ausläufer in das Erdreich hinein, an den Fäserchen sitzen dann wieder, gerade wie in der Darminnenfläche, kleine Erhebungen haarförmiger Art, die auch dazu geschaffen sind, Stoffe aus der Umgebung aufzunehmen, und die zum Theil noch dazu bestimmt sind, jene den Wurzeln anliegenden Stoffe in Lösung zu bringen und sie dann dem Pflanzenkörper zuzuführen; während der thierische Körper zu seinem Aufbau mindestens zwei Schichten besitzen musste, weil die eine Schicht dazu verwandt wurde, einen Verdauungsapparat zu bilden, und die andere Schicht dazu diente, die Bewegungen und Respirationen zu übernehmen, sehen wir beim Pflanzenkörper, dass er im einfachsten Falle eine einfache Zellschicht darstellt, und zwar ist diese noch in der denkbar einfachsten Weise ausgebildet. Die niedrigsten Algen stellen sich nur als fadenförmige Gebilde dar. Es liegen die einzelnen Zellen in einer Richtung hintereinander, sie berühren sich mit der schmalen Seite, es sind dabei die Zellindividuen morphologisch gleich und erst verhältnissmässig spät treten Differenzirungen vereinzelt auf, indem von einigen verschiedene Producte, die als Keimstoffe anzusehen sind, gebildet werden. Solche einfache Gewebe, die sich nur in den Unterlagen, auf welchen sie vorkommen, verästeln, bilden auch zahlreiche niedere Pilze, welche als Schlauchpilze bezeichnet werden. Aber schon die Moose zeigen einen complicirteren Bau, indem bei ihnen doch eine ganze Anzahl von Zellen nebeneinander und miteinander vorkommen und so schon primitive Gewebe bilden, welche im Grossen und Ganzen an die bei höheren Pflanzen auftretenden erinnern.

Was nun die Unterschiede zwischen den Zellen anbelangt, so sind dieselben sehr auffälliger Art. Wir haben gesehen, dass die meisten thierischen Zellen nur eine zarte Membran haben, dass höchstens jene Bindegewebselemente in ihrem Umkreis festere Massen ausscheiden können, zum Theil mit stärkeren Membranen ausgestattet sind, während sonst alle die einzelnen Zellen nachgiebig erscheinen. Ebenso ist der Inhalt der thierischen Zelle ganz charakteristisch: er erfüllt das Bläschen vollkommen. Es treten in ihm selten jene structurlosen Flüssigkeitsräume auf, die wir so häufig gerade in pflanzlichen Zellen treffen und die für zahlreiche Pflanzen charakteristisch geworden sind.

Weiterhin ist der Inhalt der thierischen Zelle, entsprechend den

verschiedenen physiologischen Functionen, auch ein von dem der Pflanzenzelle verschiedener. Die Umarbeitung der aufgenommenen Stoffe erfolgt nicht in gleicher Weise, sondern die Processe werden viel einfacher in pflanzlichen Zellen verlaufen, als dies in den thierischen der Fall ist. Deshalb sind auch die Umbildungsstätten und diejenigen Substanzen, welche von der Pflanze gebildet werden, einfacher als die des Thieres. Ein Hauptcharakteristicum der pflanzlichen Zelle, was gewiss auch jeder Laie als solches anführen wird, ist die grüne Färbung des Inhalts. Ebenso wie das Blut im Wirbelthierkörper zum Theil roth gefärbt erscheint, ebenso erscheint der Inhalt der Pflanze grün gefärbt; oft kann das Grün in Gelb oder auch in Röthlich-braun übergehen, aber der Farbstoff, der sich dort vorfindet, besitzt in allen Zellen die gleiche Function, nämlich von aussen her Gase aufzunehmen, die Gase umzuwandeln und Producte für die Zelle zu liefern, welche die Lebensthätigkeit derselben unterhalten und erhöhen. Bei der Pflanze war es Kohlensäure, welche als Nahrung von aussen her durch die grünen Theile aufgenommen wird und die, unter Zuhilfenahme des Lichtes, der Wärme, des Wassers und einiger Salze Umsetzungen erfährt, welche durch complicirte Verbindungen gebildet werden. Die Farbstoffe sind innerhalb der Pflanzenzellen, gerade wie der Blutfarbstoff auch, an feste protoplasmatische Gebilde gebunden; wie der rothe Blutfarbstoff auf die Blutkörperchen, so ist das Chlorophyll auf die Chlorophyllkörner beschränkt. Dieselben bestehen aus kleinen, rundlichen, protoplasmatischen Körperchen, in denen der Farbstoff in löslicher Form eingeschaltet erscheint. Nur sehr wenige Zellen lassen das Chlorophyll vollkommen in Lösung erkennen; aus allen kann es durch verschiedene Reagentien ausgezogen werden: es löst sich in Alkohol, Aether, Benzol, Benzin und vielen andern Stoffen. Dann bleiben in der Zelle nur die Körper zurück, an welche es gebunden war, es erscheinen dieselben jedoch resistenter, d. h. sie behalten ihre Form besser, als dies von den Blutkörperchen der Wirbelthiere zu sagen ist. Das Chlorophyll ist entweder wandständig, d. h. die einzelnen Körner liegen innerhalb des Plasmas vollkommen gleichmässig an der Zellmembran an, oder es ist dasselbe in Form von Bändern innerhalb der Zelle ausgeschieden. — Sehr leicht lassen sich diese letzteren bei einigen Algen constatiren, so bei der sogenannten Spirogyra, welche in unseren Teichen häufiger vorkommt. Die Bänder sind entweder länglich gestreckt oder sie gehen spiralig

unter der Membran hin. (Vergl. Fig. 71.) In anderen Fällen kann das Chlorophyll strahlig ausgebildet sein. Es durchzieht die Zelle, vom Kern ausgehend, nach allen Richtungen hin. In anderen Zellen liegt es endlich nur an einer Seite. Die einzelnen Chlorophyllkörner verhalten sich unter Umständen ähnlich wie Kerne, d. h. sie wachsen allmählich heran und besitzen dann zum Theil die Fähigkeit, sich zu theilen. Das Korn zieht sich biscuitförmig aus,

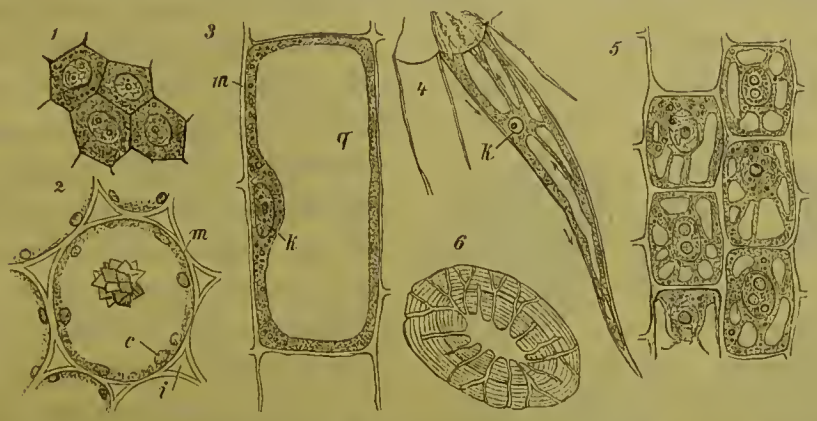


Fig. 59. Verschiedene Zellen des pflanzlichen Körpers. 1 sogen. Parenchymgewebe, die Membranen sind zart und werden vom Plasma voll angefüllt. 2 Zelle mit verschiedenem Inhalt, im Umkreis der centralen Zelle sind die Grenzen von 7 weiteren Zellen gezeichnet; i Intercellularraum zwischen zwei Zellen; m Zellmembran, c Chlorophyllkorn in dem wandständigen Plasma, welches eine grosse vacuolenartige Blase umschliesst, innerhalb der eine Druse von Krystallen des oxalsauren Kalkes gelegen ist. 3 Grosse Zelle, m Membran, unter derselben der körnige Plasmatheil mit dem Kerne k, das Plasma umschliesst den mit Zellsaft gefüllten Hohlraum q. 4 Haarzelle, das Plasma ist in Zügen angeordnet, welche in der Richtnng der Pfeile strömen und den Kern k umschliessen. 5 Sechs Pflanzenzellen mit Plasmainhalt, jede Zelle zeigt einen grossen rundlichen Kern und ein verschieden ausgebildetes Plasma mit zahlreichen Vacuolen. 6 Zellmembran; dieselbe ist geschichtet nnd umschliesst den centralen Hohlraum, in welchem das lebende Plasma eingeschlossen war; von dem Hohlraum strahlen allseitig Kanäle nach anssen. (Die Figuren modificirt nach Sachs.)

schnürt sich dann in der Mitte ab, worauf alsbald zwei neue entstehen. Neben dem Chlorophyll kommt in den Pflanzenzellen sehr häufig ein Stoff vor, welcher ebenfalls für das Leben der Zellen von grösster Bedeutung ist; es sind dies die verschiedenen Stärkekörner oder Stärkesubstanzen (Amylum). Chemisch betrachtet gehören sie zu den sogenannten Kohlenhydraten; sie bestehen aus Kohlenstoff, Sauerstoff und Wasserstoff. In einzelnen Zellen sind sie sehr regelmässig vertreten und zwar besonders in jenen vieler Früchte. Sie lassen sich beispielsweise aus den Knollen der Kartoffel, aus den Körnerfrüchten leicht gewinnen, wenn man die Zell-

häute durch Reiben u. s. w. zerstört und den Zellinhalt mit Wasser ausschlemmt. Die Stärke besitzt, unter dem Mikroskop betrachtet, keine fest bestimmbare Gestalt; sie tritt in verschieden geformten Körnchen auf. Betrachtet man dieselben mit starken Vergrösserungen, so erscheinen sie in concentrisch umeinander gelegte Schichten zerlegt, es wird das Licht in verschiedenen Theilen verschieden gebrochen und dadurch kommt dann eine eigenthümliche ringförmige Streifung in die gesammten Körner hinein. Es werden die Stärkekörner in der Pflanze erzeugt; der central gelegene Theil, welcher sich auch optisch so markirt, ist der zuerst gebildete. Um ihn legen sich nach und nach die weiteren Theile schichtförmig ab, häufig treten mehrere Stärkekörner zusammen, bilden dann sogenannte zusammengesetzte Körner. Durch Druck lassen diese sich voneinander trennen, es zeigen sich darauf hin die Flächen, welche aneinander lagen, abgeplattet. Ausserdem kommen auch noch complicirter zusammengesetzte Verbindungen vor, welche als Reservestoffe in die Zellen eingelagert werden. Ganz ähnlich, wie sich beispielsweise in der Eizelle der Dotter als Reservenahrungsstoff ausgeschieden vorfand, sind auch innerhalb der Pflanzenzellen sogenannte Eiweiss- oder Protëinstoffe, d. h. Verbindungen aus Stickstoff, Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff vorhanden. Ausserdem finden sich in der Pflanze Fette, die allerdings auch in der thierischen Zelle vorkommen, aber die Pflanzenfette sind doch wesentlich anderer Art als die thierischen. — Endlich treten in vielen Zellen bestimmt geformte Gebilde auf und zwar ist da zu unterscheiden zwischen Krystalloiden und echten Krystallen. In der erstgenannten Form finden sich häufig eiweissartige Substanzen; dieselben erscheinen fast in Würfel-, Octaeder-, Tetraeder- oder Rhomboederform u. s. w. Die Krystalle, welche sich finden, sind zum Theil kohlensaurer Kalk, zum grössten Theil aber oxalsaurer Kalk in verschiedener Ausbildung. Es erinnern diese Producte zum Theil

Fig. 60. Stärkekörner in verschiedener Grösse und Ausbildung aus der Kartoffel. a Ein dreifach zusammengesetztes Korn. z Eine Pflanzenzelle mit körnigen Inhalt, die grossen Körner sind rundliche Stärkekörner. (Stark vergrössert.)

an die Ausscheidungsproducte des Thieres, welche wir als Harnverbindungen kennen. Sie scheinen auch Spaltungsproducte und für das Leben der Pflanze nicht von Vortheil zu sein, denn es geht dasselbe in Lösungen dieser Stoffe schnell zu Grunde, sie wirken, wie wir sagen, giftig.

Man hat weiterhin innerhalb der pflanzlichen Zelle Unterschiede gemacht, die bei der thierischen Zelle nicht angegeben werden. Es wird bei Pflanzenzellen äusserlich die Membran und ihr entgegengesetzt der Inhalt beschrieben, der letztere aber wieder getrennt und zwar in das eigentliche Plasma oder Protoplasma und in den sogenannten Zellsaft. Das Protoplasma besitzt eine feinkörnige Beschaffenheit, liegt meistens den Wandungen eng an; in ihm sind die Chlorophyllkörner eingebettet. Ausserdem durchzieht es häufig die Zelle als Netzwerk, es umschliesst den Kern, zeigt auffällige Bewegungen, Strömungen u. s. w. Der Zellsaft findet sich innerhalb der Membran, dann aber auch im Protoplasma und sammelt sich ausserdem innerhalb der Zelle in besonderen Safträumen an, welche als Vacuolen schon bezeichnet wurden. Ihre Gestalt ist veränderlich, sie treten aber oft in grosser Ausdehnung innerhalb der Zelle auf; entweder erfüllt eine einzige Vacuole den grössten Theil des Zellinhaltes, oder es liegen zahlreiche nebeneinander. In jugendlichen Zellen fehlen sie. Eine junge Pflanzenzelle gleicht der thierischen Zelle; ihr Protoplasma erfüllt die Membran vollständig. Central liegt der Kern. Wächst sie heran, so treten im Innern jene Safträume auf, die sich mit dem oben erwähnten Zellsaft erfüllen. Welche chemischen Zusammensetzungen der Zellsaft besitzt, kann zur Zeit noch nicht festgestellt werden, dass in ihm eine grosse Menge Wasser vorkommt, ist sicher. In diesem Zellwasser sind aber eine Reihe von verschiedenen Stoffen gelöst, besonders eine grosse Anzahl von Salzen, dann Zucker, wie beispielsweise in den Zellen der Zuckerrübe, des Ahorns, Zuckerrohrs u. s. w. In den Zellen der Früchte findet sich Traubenzucker; ausserdem kommen darin Gerbstoffe vor, Säuren, die bekannte Fruchtsäure, Apfelsäure u. s. w., Citronensäure in den Citronen, endlich auch Farbstoffe, wie in den Blüthen, so das Erythrophyll in den rothen Blättern, das Anthocyan in den braunen Blättern. Diese Farbstoffe finden sich auch in den Früchten, sowie in jenen bunten Blättern einiger Pflanzen, beispielsweise der Rothbuche, vieler Ziergewächse u. s. w. Bei den thierischen Zellen sahen wir, dass die

Farbstoffe als Pigmente in Gestalt kleiner Körnchen ausgeschieden wurden.

Charakteristisch sind endlich die Membranen gebaut, welche an dieser Stelle ausführlicher besprochen werden müssen, nachdem schon vorher durch eine einleitende Besprechung auf S. 44 u. ff. einiges Allgemeine darüber mitgetheilt wurde. Bei sehr jungen Zellen ist die Membran vollkommen durchsichtig, glashell, dünn, das Licht stark brechend, später wird sie dicker und zeigt ganz verschiedene Formen. Ihrer Zusammensetzung nach besteht sie aus sogenannter Cellulose, dann aus Wasser und einigen unorganischen Verbindungen. Sie ist selbstverständlich das Product des Zellleibes und wird während des Bestehens der Zelle oft in der verschiedensten Weise modificirt. Sie wächst mit dem Wachsthum der Zelle und zwar geschieht dies dadurch, dass sich zwischen die einzelnen Theilchen neue Substanzen einschieben. Werden die Membranen mit Schwefelsäure und Jod behandelt, so werden sie dunkel gefärbt.

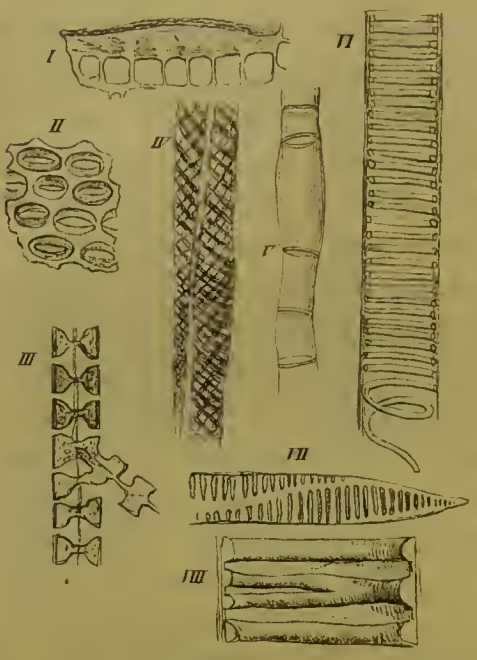


Fig. 61. Verschiedene Ausbildung der Zellhäute pflanzlicher Zellen. I Epidermiszellen von einer gemeinsamen dicken Cuticula überzogen. II Stück einer Zellwand mit Tüpfelkanälen in Aufsicht. III Die mit Tüpfeln besetzte Wand im Querschnitt; es stossen zwei Zellwände zusammen; rechts geht ein Theil einer Siebröhre ab. IV Spiralige Verstärkungen der Wand. V Ringförmige Verdickungen. VI Zellwand mit enger Spirale. VII Leiterzelle. VIII Theil einer Zellwand mit spiraliger Verdickung, Durchschnitt und stark vergrössert.

In vielen Organe der Pflanzen legen sich die Zellen schon sehr frühzeitig, ihrer Anzahl nach zur selben Zeit, an und später bei der Weiterentwicklung des betreffenden Organs wachsen nur die einzelnen Zellen heran. Es wachsen ausserdem die Membranen und geben so schliesslich dem gesammten Pflanzentheil, z. B. dem Blatt, die definitive Form. Dabei wächst aber die Membran nur sehr selten gleichartig nach allen Seiten hin weiter. Meist treten an verschiedenen Punkten Verdickungen auf, so dass aus einer einfach

rundlichen Zelle schliesslich eine mannigfach gestaltete cylindrische, schlauchförmige oder tafelförmige entsteht. Durch ungleiches Dickenwachsthum an verschiedenen Stellen erhält die Membran oft ein sehr wechselndes Aussehen; findet das Dickenwachsthum an der Oberfläche statt, so wird dieselbe höckrig. Sie kann oft in mehrfachster Weise ausgezogen erscheinen. Geht das Dickenwachsthum im Innern der Zelle selbst vor sich, so erscheinen die Membranen besonders auf dem Querschnitt oder auf dem Längsschnitt ganz eigenthümlich. Im einfachsten Fall findet eine ringförmige Verdickung einzelner Stellen statt. Dabei sind die Zellen in der Regel langgestreckt, von Zeit zu Zeit durch starke Celluloseringe eingeschnürt. Zwischen je zwei Ringen können bauchige Erweiterungen der Zellmasse auftreten; an die Ringform schliesst sich die Spirale an, es verlaufen dann durch die Zellen hindurch spiralige Säume von stärkerer Cellulosemasse. Diese Verdickungen können in einfacher oder mehrfacher Spirale auftreten, auch hin und wieder durch ringförmige unterbrochen werden. Ebenso entstehen durch ungleiches Wachsthum eigenthümliche leiterförmige Balken an den Zellwänden; seltener aber gehen diese Balkennetze schräg durch die Zelle hindurch von einer Wand zur gegenüberliegenden, noch seltener verästelt sich das Balkenwerk im Innern der Zelle selbst noch einmal. Sind einzelne kleinere Stellen weniger entwickelt als umliegende, so entsteht ein sogenannter Tüpfel. Auf dem Querschnitt stellt ein solcher Tüpfel stets eine Vertiefung in der Membran dar; es kommt aber darauf an, in welcher Weise die vermehrte Wucherung der Membran an der betreffenden Stelle stattgefunden hat, und dementsprechend kann man verschiedene Tüpfel unterscheiden. Die einfachen erscheinen rundlich, länglich oder auch verhältnissmässig lang gestreckt. Hat sich die Membran stärker abgehoben und an der betreffenden Stelle uhrglasartig hervorgewölbt, so wird dies als Gehöft der Tüpfel bezeichnet. — Weiterhin kommt ein ungleichmässiges Wachsthum in der Zellhaut dadurch zu Stande, dass dieselbe sich zwar schichtenförmig anlegt, dass aber die einzelnen aufeinander folgenden Schichten verschiedene Dichtigkeit besitzen, das heisst, dass in ihnen verschiedene Mengen von Wasser ausgeschieden sind. Auf dem Querschnitt erscheint dann eine solche Membran aus zahlreichen concentrischen Ringen bestehend. Die Ringe können ausserdem noch durch Kanäle, die von innen nach aussen vorgehen, durchbrochen werden. Es gewinnt ein solches

Gewebe ganz den Charakter, den das Knochengewebe hat, wenn man dasselbe auf dünnen Schliffen untersucht. Solche Membranen sind häufig in den Schalen des Steinobstes anzutreffen. Als bestes Untersuchungsobject kann ein Pfirsichkern dienen.

Den verschiedenen Reagentien gegenüber verhält sich die Cellulose-Membran in eigenthümlicher Weise. Durch Schwefelsäure wird die Cellulose schliesslich gelöst, Kalilauge wird in grossen Mengen resorbirt und innerhalb der Membran abgelagert, wodurch sie zum Quellen gebracht wird. Bei zunehmendem Alter erscheinen ausserdem viele Membranen stark verändert, sie lassen dann mehrere Schichten erkennen, welche concentrisch umeinander gelagert sind. So tritt an der Aussenfläche frühzeitig eine Schicht auf, welche in Kalilauge sehr quellbar ist, die sich aber in Salpetersäure und chlorsaurem Kali leicht löst. Schwefelsäure vermag sie nicht in Lösung zu bringen; darauf folgt eine mittlere Schicht, die in Schwefelsäure und Kalilauge stark quillt, die sich durch Jod und Schwefelsäure grüngelb, durch Jod allein aber gelb färbt; chlorsaures Kali verändert sie nicht. Endlich findet sich im Innern eine dritte Schicht, welche durch Behandlung mit Jod und Schwefelsäure blau gefärbt wird. —

Weiterhin unterscheidet man:

a) Verkorkte Zellhäute; dieselben sind dehnbar, lassen das Wasser sehr schlecht durch und dienen in Folge dessen als schützende Hülle gegen Wasserverdunstungen. Sie werden mit Jod und Schwefelsäure gelb gefärbt. In grösserer Ausdehnung finden sie sich im sogenannten Korkgewebe der Rinde.

b) Verholzte Zellhäute von harter, wenig dehnbarer Beschaffenheit. Wasser dringt leicht durch dieselben hindurch, bringt sie etwas zum Quellen. Jod und Schwefelsäure färben sie gelb. Aus diesen setzt sich zum grössten Theil die eigentliche Holzsubstanz zusammen.

c) Die verschleimenden Zellhäute erscheinen im trockenen Zustande stark hornig, sind aber im Wasser quellbar. Es werden grosse Mengen desselben eingelagert und dadurch schwellen sie gallertig an. Mit Jod und Schwefelsäure wird sie blau gefärbt. Solche Zellhäute finden sich beispielsweise im Leinsaamen und dann in den Quitten. Beim Kochen mit Wasser geben sie Schleim.

Viele Zellen scheiden im Innern der Membran feste Substanzen ab, so Kalksalze oder Kieselsäureverbindungen. Diese festen Bestand-

theile werden dann, wenn die Zelle verbrannt wird, nicht zersetzt, sondern bleiben als Asche zurück. Es finden sich später in der Asche vollkommen skeletirte Zellreste vor. So besitzen zahlreiche Gräser in ihren Zellmembranen ziemliche Quantitäten von Kieselsäure. Werden die Halme getrocknet und verbrannt, so geht zum Theil die Form des Halmes nicht verloren, weil die Kieselsäure den Zellbau genau nachahmt.

Zwischen den einzelnen Zellen bleiben sogenannte Intercellularräume zurück, welche oft in Form von Röhrchen, Kanälen und ganzen Kanalsystemen zusammentreten und einzelne Organe der Pflanze mehr oder minder weit durchsetzen. Dass sich in Geweben zwischen die Zellen ausserdem noch Intercellularsubstanz abscheidet, wurde schon Seite 48 u. ff. erwähnt. Hier soll nur noch bemerkt werden, dass die aneinander stossenden Zellhäute in gleichartigen Geweben ungefähr symmetrischen Bau zeigen. Liegen beispielsweise zwei Zellen dicht nebeneinander, und entstehen innerhalb der einen Tüpfel, so werden an derselben Stelle an der Innenfläche der andern Zellhaut ebenfalls Tüpfel auftreten. Auch die Kanalsysteme, welche oben von einigen Zellen besprochen wurden, setzen sich so weiter fort, dass die Kanälchen einer Zelle immer in Kanälchen der nebenliegenden einmünden, wodurch dann eine enge Verbindung hergestellt ist. In vielen Fällen werden die Tüpfel oder die Kanälchen zwischen zwei Zellen durch eine dünne Membran geschieden, in andern Fällen sind aber diese Membranen gelöst und es findet dann eine ganz directe Verbindung zwischen zwei Zellen statt.

B. Die Gewebe der Pflanze.

Die Gewebe lassen sich sammt und sonders hier sowohl wie bei dem Thier aus der Eizelle herleiten. Wir haben schon S. 72 gesehen, dass die Eizelle der Pflanzen in verhältnissmässig einfacher Weise entsteht, dass sie durch den Pollen zum Theil befruchtet wird und dann eine Weiterentwicklung erfährt. Beim Thier gingen die Umänderungen bei der Theilung in ziemlich complicirter Weise vor sich, bei der Pflanze sind diese Umänderungen einfacherer Art, der Process der Theilung verläuft nicht mit jenen complicirten Erscheinungen. Das Eichen stellt sich als ein langgestrecktes Bläschen dar, welches im Innern den deutlichen Kern zeigt. Derselbe besitzt eine rundliche Gestalt und führt meist ein oder mehrere Kernkörper-

chen. Bei der ersten Theilung durchläuft die Kernsubstanz ähnliche Veränderungen, wie dies bei den thierischen Keimbläschen geschildert wurde. Der gesammte Kern theilt sich in zwei Theile, welche auseinander rücken und zwar in der Längsachse der Eizelle. Es zerfällt dieselbe in zwei übereinander liegende neue Zellen, welche sich bald durch eine festere Cellulose-Membran, welche ziemlich horizontal verläuft, trennen. Die obere dieser Zellen, welche dem Embryosack direct anliegt, wird als Trägerzelle bezeichnet, die untere bildet die sogenannte Embryozelle, die sich auch zunächst weiter theilt und die primitiven Gewebe aus sich hervorgehen lässt. Die erste Theilung, welche sie erfährt, erfolgt senkrecht zur oben geschilderten Theilung der Eizelle. Die beiden neuen Kerntheilungsstücke rücken also der Quere nach auseinander, es werden die sich bildenden Zellen durch eine Scheidewand voneinander getrennt, welche senkrecht auf der zuerst gebildeten steht. Ist das geschehen, so durchlaufen die beiden neuen Kerne wieder Theilungen, welche in der Richtung der zuerst stattgefundenen vor sich gehen, sie rücken also in der Längsachse des Eies auseinander. Es wird dann die Embryozelle durch eine zweite Membran, welche parallel zur erstgebildeten ist, in vier Zellen getheilt und dabei bleibt die Trägerzelle immer noch einfach. Die vier Zellen trennen sich nun dadurch, dass die Kerne radiär auseinander rücken. Die Wandungen, welche sich bilden, entstehen in den Diagonalen der vorher entstandenen vier Zellen; es bilden sich acht Zellen, von denen vier im Innern liegen, vier äusserlich bleiben. Die vier äusseren Zellen theilen sich nun

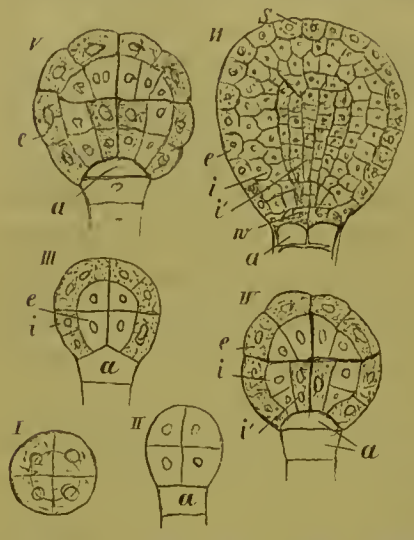


Fig. 62. I Eizelle vom Pol aus gesehen, sie ist durch zwei Scheidewände in vier Theile getheilt (erste Anlage des Embryo). II Embryo von 8 Zellen im Durchschnitt, so dass nur 4 sichtbar sind. III Die 4 Zellen der Fig. II haben sich durch schräg verlaufende Scheidewände zunächst in 8 weitere getheilt, die äusseren sind an 2 Stellen je getheilt. IV Die äusseren Zellen e haben sich weiter radiär getheilt, die inneren Zellen sind in centrale punktirte i' und mittlere i zerfallen. Die Fig. V u. VI zeigen die weitere Entwicklung dieser 3 Urgewebe. Es bedeutet e Hautschicht (Dermatogen), i Periblem, i' Pleromanlage, a Anschlusszelle; s Scheitel der Axe; w Anlage der Wurzel.

in Folge durch radiär gestellte Scheidewände und bilden die Urgewebe für einen Theil der Rinde, für die sogenannte Oberhaut, Epidermis (Dermatogen). Die vier inneren Zellen theilen sich in verschiedener Weise, so dass aus ihnen zwei Schichten entstehen; die eine setzt sich aus einigen wenigen centralen Zellen zusammen, um welche sich dann mittlere Zellen gruppiren. Die centralen Zellen bilden später das Holz (Plerom), die mittleren Zellen lassen aus sich die Rinde hervorgehen (Periblem).

Solche Verhältnisse, wie eben für diese primitiven Gewebe angegeben wurden, finden sich aber auch innerhalb der Organe des pflanzlichen Körpers. Wird beispielsweise eine junge Zweigspitze untersucht, so zeigt sich in ihr central auch das Holzgewebe, über diesem das Rindengewebe und ganz zu äusserst die Epidermis.

Die Zellen der Epidermis besitzen Scheidewände, welche senkrecht zur Zweigspitze verlaufen. Das Plerom besitzt Zellwände, welche der Hauptsache nach parallel zur Längsachse der Zweigspitze sich hinziehen und sich so leicht von den über ihm liegenden Schichten trennen, deren Zellen ungefähr parallel zur Epidermis gestellt sind.

Es ist nun aber gleich zu bemerken, dass selbstverständlich nicht alle Pflanzen solche Entwicklung durchlaufen und solche Gewebe bilden. Die niederen Pflanzen werden sich, was Gewebsbildung anbelangt, bedeutend einfacher verhalten; so sehen wir, dass die niedrigsten Algen, sowie sie aufhören einzellige zu sein, sich in Form von Fäden ausbilden. Es ist dann eine jede Zelle nur bestrebt, neue Zellen zu bilden, welche sämmtlich mit ihren Längsachsen in einer Linie liegen. Die Zellen stossen mit schmalen Seiten aneinander, die Theilung verläuft in der Längsachse, die Bildung der Membranen senkrecht zu denselben. Dadurch wird die frei zur Aufnahme der Nahrungsstoffe geeignete Fläche eine möglichst grosse. Bei anderen niederen Algen kommt es dann vor, dass die Zellen nicht allein in der Längsachse Theilungen erfahren, sondern dass sie sich auch noch der Quere nach trennen. Es entstehen dann tafelförmige Zellcomplexe, die jedoch nur aus einer Zellschicht aufgebaut sind. Es genügt ja eine solche Ausbildung für die Pflanze vollständig, weil die Ernährungsbedingungen hier wesentlich andere sind als beim Thier.

Eine ebensolche Bildung zeigen auch die niederen Pilze, deren Zellen allerdings mehr den thierischen gleichen, weil sie des Chloro-

phylls entbehren und zum Theil auch an die Existenz von organischen Stoffen gebunden sind. Wir wissen, dass viele Pilze innerhalb von anderen Organismen schmarotzen: entweder auf Pflanzen oder auf Thieren. Dabei bleiben die einzelnen Zellen auch zunächst nur mit einer Fläche in Verbindung. Es entstehen Fäden, die sich allerdings nach und nach eng aneinander anlagern können und auch so durcheinander hindurch zu wachsen vermögen, dass ein filzartiges Geflecht entsteht, welches an Gewebe erinnert. Aus mehreren Zellschichten setzen sich schon die Flechten zusammen. Bei den höheren Pilzen entstehen die Differenzirungen vielfach dadurch, dass die verschiedenen Zellen, welche in mehreren Schichten den Körper zusammensetzen, sich vom Centrum des Pilzes aus nach der Peripherie hin mehr und mehr verdichten; es verändert sich zum Theil der Inhalt der Zelle, zum Theil auch die Membran — der Inhalt insofern, als die einzelnen Zellen das Bestreben zeigen, schneller Theilungen einzugehen, je weiter sie nach aussen zu liegen. Dadurch erscheinen dann die Gewebe äusserlich kleinblasig, ausserdem verdicken sich die Membranen nach der Peripherie hin und nehmen unter Umständen verschiedene Färbung an. Es kann bei diesen Pilzen selbst eintreten, dass die ganz zu äusserst gelegenen Zellschichten nach Art einer Epidermis zusammentreten und sich schärfer von den unter ihnen liegenden trennen, es können sogenannte Hautbildungen stattfinden. — In der äussersten Zellschicht treten ausserdem Haare auf; es sind dies Gebilde, welche später noch besonders besprochen werden müssen.

Die Moose haben zum grössten Theil schon mehrere Gewebe, so eine wohlentwickelte Epidermis, die allerdings auch theilweise aus den mehr central gelegenen Geweben dadurch hervorgegangen zu sein scheint, dass die äusseren Zellen lebhaftere Theilungen eingingen, kleiner wurden und dass sich ihr Inhalt differenzirte. Es ist dies jedoch nicht als Regel aufzufassen, sondern es können die äusseren Zellen auch im Gegentheil sehr grossblasig sein und sich in mehreren Schichten von den kleineren central gelegenen Zellen unterscheiden.

Es wird nun zweckmässig erscheinen, wenn zunächst die Zellen der Epidermis genauer betrachtet werden und dann im Anschluss daran die übrigen Zellen und die von ihnen zusammengesetzten Bildungen im Pflanzenkörper ihre Berücksichtigung finden. Es muss dabei auch noch darauf hingewiesen werden, dass die Unterschiede

zwischen äusseren und inneren Zellschichten um so auffälliger werden, je mehr die betreffenden Pflanzentheile der Luft und dem Licht ausgesetzt sind. Die Unterschiede werden geringer, wenn die Pflanzentheile von der Luft und dem Licht abgesperrt sind, wie es beispielsweise bei den Wurzeln der Fall ist.

1. Die Epidermis.

Die Epidermis besteht zum Theil aus platten, tafelförmigen Zellen, wenn die Organe, die Blätter z. B., auf welchen sie ausgebildet ist, flach sind; die Zellen werden breit und höher, wenn die Blätter oder ihre Vertreter dick cylindrisch werden. Das Charakteristische der Epidermis ist, dass sie sich stets im embryonalen Zustand befindet, d. h. dass von ihr aus fortwährend neue Bildungen vor sich gehen.

Die grünen Theile der Pflanze sind sämmtlich von der Epidermis überzogen; sie sind zum Theil Aufnahmeorgane, zum Theil auch dienen sie zur Ausscheidung verschiedener Stoffe und dementsprechend muss die Epidermis auch so beschaffen sein, dass ihre einzelnen Zellen die Aufnahme und Abscheidung gestatten. Es treten durch die Epidermis Wasserdämpfe und Gase hindurch. Da der Austritt derselben unter Umständen ein ziemlich lebhafter ist, so geht es nicht an, dass die einzelnen Epidermiszellen selbst vermittelst ihrer gesammten Massen zur Ausscheidung dienen, sondern es müssen sich einzelne derselben so differenziren, dass sie gleichsam Ventile bilden, durch welche die Ausscheidung vor sich gehen kann; es stossen die Zellen zum Theil vollkommen aneinander, zum Theil aber bilden sich zwischen einzelnen Zellen Zwischenräume, welche dann als Oeffnungen (Spaltöffnungen) in die inneren Gewebe hineinführen. Solche Spaltöffnungen finden sich besonders an der Unterseite der Blätter oder an der Oberseite der Blätter von Wasserpflanzen. Diese Spaltöffnungen werden durch zwei eigenthümliche Zellen geschlossen. Dieselben sind nierenförmig, so dass die Längsachsen parallel zu

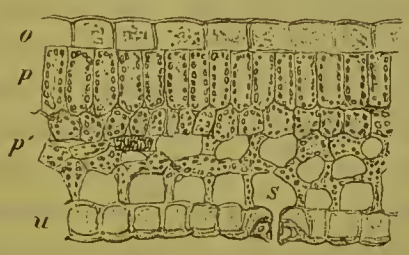


Fig. 63. Querschnitt durch ein Laubblatt. o Obere, u untere Epidermiszellen. s Intercellularraum in den letzteren, welcher durch eine Spaltöffnung nach aussen führt (vergl. Fig. 64, I s); p Pallisadenzellen mit Chlorophyll, p' Schwammparenchym mit zahlreichen Intercellularräumen.

einander gelagert sind. Man bezeichnet diese stets doppelt auftretenden Zellen als Schliesszellen; die Höhle, welche hinter ihnen liegt, wird als Athemhöhle benannt. Sie stellt nur eine grossen Intercellularraum zwischen Epithelzellen und den unter diesen liegenden Gewebszellen dar. In die Athemhöhle führen dann die Intercellularräume des tieferliegenden Gewebes, von denen wir später auch noch Einiges zu besprechen haben werden.

Die Spaltöffnungen bilden sich dadurch, dass eine junge Epidermiszelle eine transversale Theilung eingeht. Zunächst werden die beiden Zellen durch eine einfache Scheidewand getrennt, später reisst die Scheidewand auseinander und es entstehen dann die beiden Schliesszellen. Das Plasma derselben besitzt die Eigenthümlichkeit, Bewegungen auszuführen; wahrscheinlich quillt es unter Umständen und dadurch werden die Oeffnungen geschlossen oder im entgegengesetzten Falle erweitert. — Betrachtet man die Epidermiszellen verschiedener Blätter von der Fläche oder schräg von der Seite, so zeigen dieselben entweder einen eigenthümlichen Glanz, oder sie sind ganz mit einem feinen flaumartigen Ueberzug bedeckt. Dieser graue Belag ist zum Theil leicht abwischbar, er wird durch Säuren nicht verändert. Bei der genaueren Untersuchung zeigt sich, dass die Epidermiszellen einen Ueberzug von Fett und Wachs haben: derselbe ist für das Pflanzenleben von Wichtigkeit, denn er verhindert die schnelle Verdunstung des Wassers, das in tieferen Geweben vorkommt. Besonders besitzen solchen Belag die Epidermiszellen der in trockenen Gegenden und auf wenig feuchtem Boden vorkommenden Pflanzen; Gase gehen durch diesen Ueberzug leicht hindurch. — Werden die Epidermiszellen auf Querschnitten untersucht, so zeigt es sich, dass ihre Aussenschicht meist stark verdickt erscheint, sie ist cuticularisirt, wie wir zu sagen pflegen. Diese Cuticula überzieht die gesammte Epidermis und verschwindet nur an den Spaltöffnungen. Häufig verdickt sie sich an einzelnen Stellen; sie ist es auch, welche die Wachs- und Fetttheilchen in sich eingelagert enthält. Es kann das Wachs an der äusseren Fläche in Form von Körnchen, Stäbchen u. s. w. hervortreten, oder es bildet grössere zusammenhängende Platten. Bei der mikroskopischen Untersuchung zeigt sich ferner, dass das Plasma der Epidermiszelle in der Regel hell ist und dass ebenso die Membranen hell erscheinen. Es ist dies unbedingt nöthig, denn es muss das Licht von aussen her ungehindert in die unter der Epidermis liegenden Gewebe eindringen

können. Die Epidermiszellen enthalten auch in den bei Weitem meisten Fällen kein Chlorophyll, wohl aber sind in ihrem Plasma hin und wieder Farbstoffe in Lösung eingeschaltet.

Die Haarbildungen der Epidermis. Als Differenzirungen der Epidermiszellen finden wir Haarbildungen (Trichome). Was sie für einen Zweck besitzen, ist für alle Fälle noch nicht deutlich ersichtlich. Dass ihnen jedoch Functionen zukommen, erhellt sich aus dem Umstande, dass einzelne Pflanzentheile dicht mit Haaren bedeckt sind. Im einfachsten Fall ist das Haar nur eine umgewandelte Epidermiszelle. Dort, wo ein solches entsteht, stülpt sich der Zelleib nach aussen zu kegelförmig vor, der Kegel wächst mehr und mehr in die Länge, bleibt aber mit dem unteren Zellkörper im Zusammenhang. Auf diese Weise entstehen die einfachen Haare. Sie werden im Innern von einem hellen Plasma erfüllt, welches meist in Form von Strängen, Bändern u. s. w., theils an der Peripherie der Zelle, theils quer durch das Innere derselben hindurch, ausgebildet ist. Der schon früher erwähnte sogenannte Zellsaft ist in einer oder mehreren Vacuolen angesammelt. In den bei Weitem meisten Fällen bleibt nun eine solche Epidermiszelle nicht einfach, sondern sie theilt sich; es geht das Längenwachsthum ungehindert vor sich und dabei bilden sich schliesslich durch Theilung eine Reihe von säulenartig übereinander angeordneten einzelnen Zellen. Dieselben brauchen nicht untereinander gleichartig zu sein, sondern sie können eine ganze Reihe von morphologischen Verschiedenheiten zeigen. Einzelne, besonders die ganz zu äusserst gelegenen, sind spitz, andere bauchig aufgetrieben, langgestreckt oder kurz. Weiterhin können aber auch Theilungen parallel zur Achse vor sich gehen, so dass ein solches Haar aus mehreren nebeneinander gelegenen Zellen besteht. Diese Zellen runden sich dann in der Regel ab und bilden ein sogenanntes Köpfchenhaar.

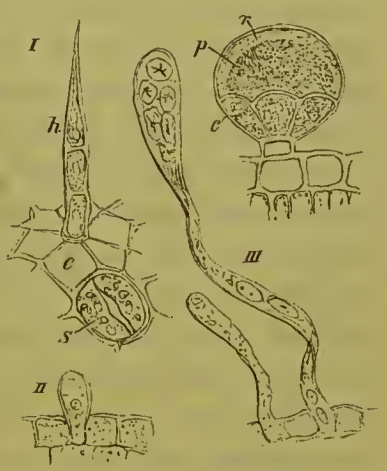


Fig. 64. Haarbildungen der Epidermiszellen. I 3zelliges Haar, auf den oberflächlich gesehenen Epidermiszellen c, s Spaltöffnung. II 4 Epidermiszellen, von denen die eine sich zu einem Haare vorwölbt. III Keulenförmige Haare mit körnigem Inhalt. IV Drüsenhaar; c Membran der Drüsenzellen, p Plasmainhalt derselben, r Secretraum der Zellen.

Aus den Haaren gehen die Stacheln hervor und zwar dadurch, dass sich die Membranen stark verdicken. Häufig sind die Haare äusserst spröde und besonders betrifft diese Sprödigkeit die Spitze derselben. Es ist dieselbe dadurch bedingt, dass sich in der Membran fremde Stoffe, meist anorganische Verbindungen ausscheiden. Das bekannteste hierher gehörige Beispiel giebt das Brennhaar der Brennnesseln ab. Die Haarzelle desselben ist nach der Spitze zu lang ausgezogen und trägt ausserdem an der äussersten Spitze eine kleine knöpfchenförmig umgebogene, aus Kieselsäure bestehende Verdickung. Bei der Berührung dringt diese Verdickung in die Haut ein, bricht dort, weil sie sehr spröde ist, ab und es kann jetzt der Zellsaft aus der Haarzelle ausfliessen. Dieser Zellsaft besteht nun bei der Brennnessel aus Ameisensäure; kommt derselbe in die Wunde hinein, so erzeugt er das bekannte Jucken und die Anschwellung der betreffenden Stelle. An den Saamenzellen werden hin und wieder Haare gebildet, welche verschiedene Functionen haben; am häufigsten dienen sie dazu, die Saamen fortzuführen. Da sie flaumartig zusammentreten, so bieten sie dem Winde eine günstige Angriffsstelle und fliegen schon bei leisem Luftzug mit den Saamen weit umher. Für den Menschen haben einzelne dieser Haare technische Bedeutung gewonnen, so diejenigen der Baumwollenfrucht; die Saamenschalehaare derselben sind lang, sie verlieren nach und nach ihren flüssigen Inhalt und füllen sich mit Luft, dann erscheinen sie blendend weiss. Sehr zierlich sind die Haarbildungen auf den Früchten vieler Unkräuter, so z. B. des Löwenzahns, der Disteln u. s. w. Eine Reihe von Haaren besitzen die Eigenschaft, klebrige Stoffe auszuscheiden. Die Zellen runden sich ab, meist sind es dann Köpfchenhaare. Die Köpfchenzellen scheiden nach aussen zu klebrige Stoffe aus, es tritt das Secret dann in der Zellwand unter der Cuticula auf, durch erhöhte Abscheidung stülpt sich diese blasig vor, endlich vermag sie einem von innen stattfindenden Druck nicht zu widerstehen, sie platzt. Solche drüsige Köpfchenhaare sind ziemlich weit verbreitet, am bekanntesten und leichtesten zu beobachten sind die sogenannten Leimzotten, welche sich auf den Winterknospen der Bäume befinden und mit ihrem Secret die Schutzblätter überziehen. Solche Drüsenhaare kommen auch in eigenthümlicher Ausbildung bei einigen fleischfressenden Pflanzen vor, sie haben gerade in neuerer Zeit die Aufmerksamkeit der Forscher auf sich gelenkt.

Eine der am weitesten verbreiteten und am besten bekanntgewordenen fleischfressenden Pflanzen ist die sogenannte Drosera. Die Blätter derselben sind rundlich und tragen auf der Oberseite eine grosse Anzahl von Haaren, deren Enden auch in der eben geschilderten Weise zu Drüsenapparaten umgewandelt sind. Im Centrum sind die Haare kleiner. Kommt nun ein kleines Insect auf das Blatt, so schliessen sich die Haare, d. h. sie bewegen sich nach dem Centrum zu, überdecken das Insect vollkommen. Die Drüsenzellen beginnen verdauende Säfte auszuscheiden. Durch dieselben wird die Fleischmasse des Insectes gelöst und von dem Blatt selbst aufgesaugt. Der feste Hautpanzer und das Fett bleiben zurück und werden, sowie der Reiz nachlässt, nach aussen abgestossen. Derartige fleischfressende Pflanzen giebt es eine grosse Anzahl. Es lassen sich natürlich diese Vorgänge nur bis zu einem gewissen Grade mit jenen vergleichen, welche im thierischen Körper vor sich gehen; dass sie aber ähnlich sind, ist vollkommen sicher.

Ausserdem finden sich häufig schuppenförmige Haare. Dieselben sind aus mehreren Zellen zusammengesetzt, meist tragen dann diese kurzen Basalzellen eine knopfförmig verbreiterte grössere Zelle. Im Innern der Haare können ebenso wie innerhalb der Epidermis farbige Lösungen auftreten. Finden sich in den Zellen Luftansammlungen, so erscheinen die Haare weiss. Sie bieten für mikroskopische Untersuchungen sehr günstige Objecte, weil besonders die feinen Wurzelhaare leicht unter dem Mikroskop beobachtet werden können. Der Plasmainhalt derselben zeigt dann jene schon öfter erwähnten eigenthümlichen Strömungen, welche zum Theil an der Oberfläche der Zelle, zum Theil quer durch dieselbe hindurch verlaufen.

Jene Pflanzen, welche sich vollkommen unter Wasser befinden, besitzen ebenfalls stark verdickte Epidermiszellen; diese dienen nur dazu, aus dem Wasser Gase aufzunehmen und dieselben im Innern umzuwandeln. Es fehlen bei ihnen meist die Oeffnungen, durch welche Gase nach aussen ausgeschieden werden können. Ebenso fehlen diese Oeffnungen bei den Zellen der Wurzeln, die auch keine Wachs- und Fettablagerung besitzen, ebenso wenig wie die unter Wasser befindlichen; bei den Blättern können nur die Haare zur Aufnahme von Wasser dienen.

Eine verbreitete Gewebsmodification unter der äusseren Haut ist die sogenannte Korkbildung. Dieselbe geht nur in seltenen Fällen von den Epidermiszellen aus vor sich. Ausserdem bei mehr-

jährigen Pflanzen in der Regel erst nach dem ersten Jahre. Die Korkbildung hat den Zweck, die Verdunstung des Wassers aus dem Innern des Pflanzenkörpers zu verhüten; ausserdem schliesst sie schnell alle Wunden und daher findet sie sich in normaler Weise oder auch an veränderten Pflanzenstellen mit ziemlicher Constanz. Besonders häufig tritt sie dann auf, wenn die äusseren Zellen der Pflanze wenig dehnbar sind. Da von innen her ein starkes Waehsthum vor sich geht, so werden selbstverständlich die äusseren Zellen auseinander gedrängt. Es kann dies nur verhindert werden, wenn sie sehr elastiseh sind; sind sie nicht elastiseh, so müssen sie platzen. Es entstehen freie Stellen, wo die unteren Gewebe direct zu Tage treten. Um dieselben noch zu schützen, sehaltet sich über ihnen die sehr elastisehe, dehnbare Korksehieht aus. Es bilden sich die Korkzellen unter den Epidermiszellen tangential zur Oberfläehe naeh innen zu, zunäehst nur aus jeder Zelle ein oder zwei übereinanderliegende, dann aber alsbald bedeutend mehr und zwar sind die am tiefsten gelegenen stets die jüngsten.

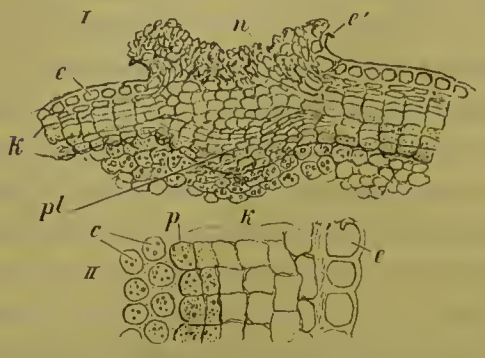


Fig. 65. I Bildung des Korkgewebes in einem Riss der Haut eines Hollunderzweiges (sog. Lenticelle); e Epidermis; k Korkgewebe, welches die bei e' gerissene Wunde mit dem Narbengewebe n erfüllt; pl Phellogen, d. h. Korkbildungszelle. II Theil der äusseren Zelle stärker vergrössert; e Epidermis; k Korkzellen, die sich bei p bilden; c Rindenparenchymzelle.

Der Kork (Suber oder Periderma) stellt das eigentliehe Vernarbungsgewebe der Pflanze dar. Die Zellen sind in der Regel tafelförmig zur Oberfläche des Pflanzentheiles reihenweise angeordnet. Sie verdanken ihre undurehdringliche Eigensehaft den veränderten Membranen, welehe aus der eigentliehen Korksubstanz bestehen. Der Inhalt der Zelle geht, naehdem die Korkmasse ausgeschieden ist, sehr bald zu Grunde und wird dann dureh Luft ersetzt.

Eine Hauptentwieklung der Korkmassen erfolgt von den unter der Epidermis liegenden Zellen, von dem sogenannten Phellogen. Dasselbe liegt den weiter unten zu bespreehenden Gewebszellen auf; es enthält ehlorophyllfreie und ehlorophyllhaltige Zellen. Die chlorophyllfreien liegen naeh aussen, die ehlorophyllhaltigen naeh innen. Sowie die Korkbildung eine grössere Mächtigkeit erlangt hat, sind

die äusseren Zellen von den inneren ziemlich vollkommen abgeschnitten, sie können daher, da ihnen durch den Kork hindurch keine Nahrung weiter zugeführt werden kann, auch nicht mehr sehr lange bestehen, sondern sterben ab und bilden dann die bei unsern grösseren Pflanzen allgemein bekannten rauhen, oft tief aufgesprungenen Borken. Mächtig wird das Korkgewebe bei einzelnen Eichenarten, so z. B. an der Korkeiche, wo es aus abwechselnden dichteren und weniger dichten Schichten zusammengesetzt ist. Da das Korkgewebe, wie eben erwähnt wurde, die Luft und das Wasser von den unter ihm liegenden Geweben abhält, so ist es nöthig, dass in jenen Organen, wo es ausgebildet ist, also an dem Stamm und an den Zweigen der meisten Pflanzen, Hilfsapparate entstehen, welche den Zutritt von Gasen und Wasser zu den tieferliegenden Zellen gestatten. Zu dem Zweck reisst das Korkgewebe an zahlreichen Stellen etwas ein, es bilden sich in ihm kleine Spalten, die sogenannten Rindenporen (Lenticellen). Diese Spalträume werden von zahlreichen Zellen erfüllt, welche Luft und Wasser durchlassen und als Füllzellen bezeichnet werden. Im Winter werden diese Oeffnungen durch Korkgewebe aber wieder geschlossen. Die Wurzel enthält ebenso Kork wie der Stamm.

2. Rindengewebe (Periblem).

Als zweites embryonales Gewebe wurde das sogenannte Periblem oder Urrindengewebe erwähnt. Aus ihm geht der grösste Theil der Rinde hervor und zwar besonders die grünen Abschnitte derselben, sowie diejenigen der Blätter. Ausserdem liefert es aber auch das Grundgewebe für andere Bildungen der Pflanzenkörper. Als erste Differenzirung, von aussen her betrachtet, tritt das sogenannte Collenchymgewebe auf. Dasselbe stellt sich als dickwandiges Zellgewebe dar; die Zellen besitzen besonders an den Kanten eine weiche, quellungsfähige Verdickung; sie sind zum Theil chlorophyllfrei und bilden mit den nebenliegenden Schichten die an die Oberhaut direct angrenzende Lage, welche insgesammt als Hypoderma bezeichnet wird. Weiterhin entstehen in diesem Grundgewebe Schichten von zusammenhängenden Zellen, welche sich im Umkreis der noch später zu besprechenden sogenannten Fibrovasalbündel ausbilden und als Schutzscheiden (Entodermis) bezeichnet werden. Im Allgemeinen wird das Grundgewebe, welches sich aus dem Periblem entwickelt, auch als Parenchym bezeichnet. Unter-

sucht man einen Durchschnitt durch ein Blatt, z. B. durch das Blatt eines Laubbaumes, so tritt an der Oberseite und Unterseite des Schnittes die helle Epidermis auf, dann folgen eigenthümlich gestaltete grüne Zellen; dieselben lassen sich in doppelter Anordnung unterscheiden. Bei vielen Blättern sind an der Oberseite sogenannte Pallisadenzellen entwickelt, die einzelnen Individuen sind langgestreckt, mit den langen Seiten eng aneinander gelagert, so dass keine grösseren Zwischenräume zwischen ihnen entstehen. Ihr Inhalt ist körnig und besteht zum grössten Theil aus den schon auf S. 166 erwähnten Chlorophyllkörnern. An der unteren Seite gehen diese Pallisadenzellen in andere Zellen über, welche grössere Zwischenräume zwischen sich lassen, die mit den früher schon erwähnten Spaltöffnungen der Aussenwelt in Communication treten. Die Zellen besitzen hier einen zum Theil etwas von den oben genannten abweichenden Bau, ihre Membranen sind stellenweise stark verdickt, getüpfelt, ihre Form unregelmässig, was sich schon aus der Anzahl der sich zwischen sie drängenden Spalträume erklären lässt. Dies Gewebe wird als das Schwammparenchym bezeichnet. In Folge seiner Ausbildung erscheint die Unterseite etwas heller als die Oberseite des Blattes (vergl. Fig. 63).

Untersucht man die Grundgewebe der Saamenknollen u. s. w., so zeigt sich, dass dieselben zum grossen Theil mit Reservenahrungsstoffen gefüllt sind; wird beispielsweise durch die Knollen einer Kartoffel ein Schnitt gemacht, so tritt äusserlich auch die Epidermis hervor, unter dieser die Korkschicht, und dann folgt das grossblasige Grundgewebe. Die Zellen desselben führen im ausgebildeten Zustande kein Chlorophyll, sondern sie sind mit Stärkekörnern vollgepfropft. Dieselben legen sich sehr dicht aneinander und dienen als Nahrungsmaterial für sich später aus den Knollen entwickelnde Gewebe resp. Pflanzen. Neben der Stärke finden sich in diesen Gebilden noch andere Stoffe, wie Zucker, Inulin, Fett u. s. w. Fettreich sind beispielsweise die Zellen des Grundgewebes aus den Saamen der Rapsarten, stärkereich sind die Saamen unserer Getreidearten.

Ist das Grundgewebe abgestorben, so geht der Zellinhalt zu Grunde, es bleiben nur die Membranen übrig, welche sich mit Luft füllen. Als solches abgestorbenes Grundgewebe ist das Mark zu betrachten, welches besonders bei manchen Pflanzen in grosser Ausdehnung auftritt, so beispielsweise beim Hollunder. Werden Schnitte

durch das Mark untersucht, so zeigt dasselbe eine grossmaschige Structur.

Es muss ausserdem noch erwähnt werden, dass die chlorophyllhaltenden Zellen dieses Grundgewebes häufig jene schon früher erwähnten Krystalle von oxalsaurem Kalk u. s. w. in sich eingeschlossen zeigen. An unseren Früchten, z. B. Pflaumen, Aepfeln u. s. w., ist das Grundgewebe anfänglich zum Theil noch chlorophyllführend, der Inhalt der Zelle ist sauer, solange das Obst noch grün und unreif ist. Später wird das Chlorophyll zurückgebildet, das heisst, es wird aufgelöst und an seine Stelle treten andere Substanzen, zum Theil Farbstoffe, dann aber Zuckermassen u. s. w., welche besonders im reifen Obst vorhanden sind und durch Zersetzung des Zellinhalts hervorgehen.

3. Das Holzgewebe (Plerom).

Es ist dasjenige Gewebe, welches das Dicken- und Längenwachsthum der Pflanze auszuüben hat; aus ihm gehen hauptsächlich die Gefässe und die Holzbildungen hervor. Dabei treten allerdings zum Theil Zellen in Zusammenhang, welche ursprünglich nicht zusammengehörten; es dienen die Gewebe dann schliesslich dazu, der Pflanze die nöthige Festigkeit zu geben, und wie sehr dieselben oft diesen Zweck erfüllen, das beweisen jene Holzarten, welche beispielsweise als Eisenhölzer in den Handel kommen. Es sind nicht allein organische Verbindungen, die zur Ausscheidung des Holzes verwandt werden, sondern es werden in dasselbe anorganische, z. B. Kieselsäure, in grosser Menge eingelagert, und gerade die letztere ist es, welche den eben genannten Eisenhölzern die beträchtliche Festigkeit giebt. Allerdings wird bei zunehmender Festigkeit das Holz auch spröder.

Anfänglich entstehen innerhalb der verschiedenen Pflanzentheile die Saft leitenden Gefässe. Diese Gefässe werden als das sogenannte Fibrovasalsystem zusammengefasst; sie durchziehen das Gewebe der Pflanze in Form von fadenförmigen Strängen, Fibrovasalsträngen, Gefässbündel, Fasersträngе oder Gefässstränge genannt. Bei sehr vielen Pflanzen lassen sie sich verhältnissmässig leicht isoliren und besonders von den übrigen Gewebsarten trennen. Wird beispielsweise der Blattstiel vom grossen Wegerich langsam getrennt, so zerreisst das Grundgewebe und das Hautgewebe. Es ziehen sich dann aus diesen fadenförmige Stränge hervor, welche eine grosse

Elasticität besitzen und sich oft auf viele Centimeter in die Länge isoliren. Diese Stränge sind die Fibrovasalstränge. Untersucht man den Blattstiel auf den Querschnitt, so zeigt es sich, dass sie in ziemlich regelmässigen Abständen und in Reihen gestellt innerhalb des Blattes anzutreffen sind. Zwischen ihnen liegt das Grundgewebe.

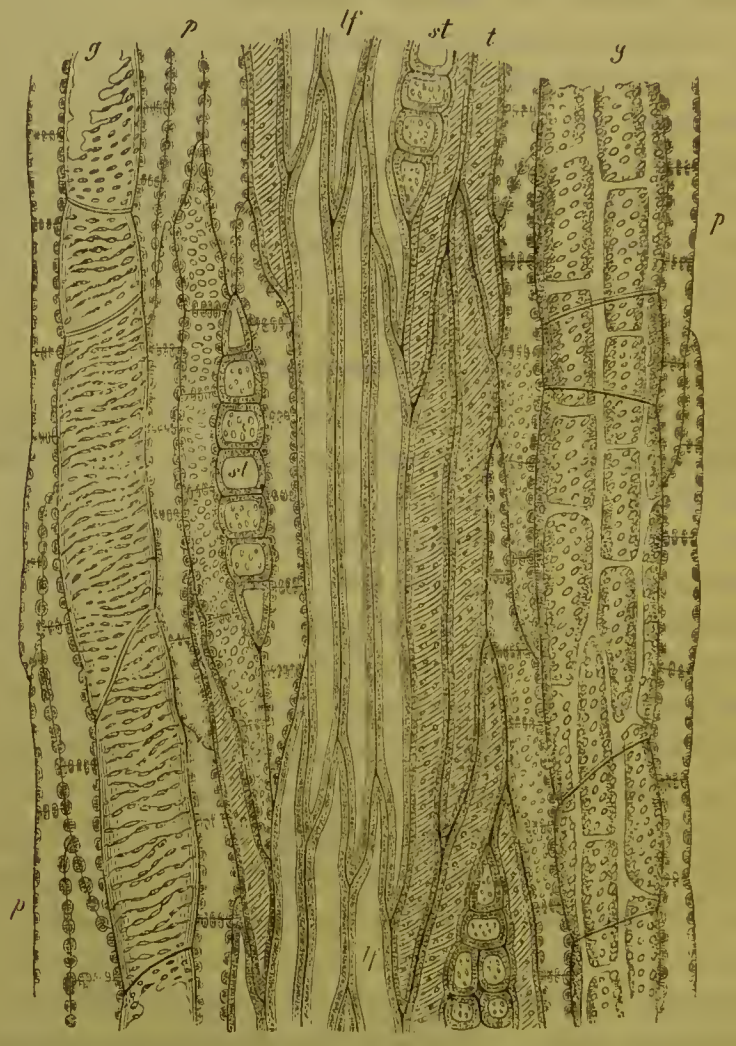


Fig. 66. Tangentialer Längsschnitt durch das secundäre Holz von Ailanthus glandulosa (n. Sachs). gg Gefässe. st Querdurchschnittene Holzstrahlen. g Holzparenchym. t Tracheiden (Luftkanäle). lf Libriformfasern (d. h. holzähnliche Fasern, sogen. einfache bastartige Holzfasern). Der gesammte Theil dieser Gewebe wird als Xylem bezeichnet.

Sehr leicht lassen sich die Fibrovasalstränge auch aus den Blättern isoliren; lässt man eine Blattsubstanz etwas faulen, so werden die Gewebe derartig verändert, dass sich ein Theil derselben später durch Wasser ausspülen lässt. Ein gefaultes Eichenblatt z. B. kann man mit dem Pinsel unter Wasser auswaschen, es bleibt dann be-

kanntlich ein Skelet zurück, welches aus härteren Strängen besteht, die in verschiedener Weise ausgebildet sind; es findet sich eine grosse Hauptrippe, von der ab gehen nach der Seite zu Nebenrippen, diese werden durch zahlreiche feine, sich netzartig aneinander legende Stränge miteinander verbunden. Dieses gesammte Netz ist nun ebenfalls das Fibrovasalsystem des Blattes; es geht durch den Stengel hindurch und tritt in den Zweig ein, woselbst es sich weiter fortsetzt und schliesslich bis herunter zur Wurzel gelangt. Treten die Fibrovasalstränge sehr eng zusammen, so kann das Grundgewebe schliesslich zurücktreten; es bilden sich dann unter Umständen grosse Mengen solcher Gewebe aus, wir bezeichnen dieselben als Holzgewebe. Dasselbe tritt also zunächst auch in Form von einzelnen Gefässen auf, welche röhrenförmig die Pflanze ununterbrochen durchziehen und in den sogenannten Blattnarben, wie schon erwähnt, endigen. Diese Röhren gehen aus dem Plerom hervor; ein Theil desselben theilt sich der Quere nach, ein anderer in der Längsrichtung. Die central gelegenen Zellen, welche sich durch horizontal gestellte Scheidewände theilen, werden nach und nach zu dem sogenannten Mark; die diesem aufliegenden bilden die eben genannten Gefässe. Diese stellen sich anfänglich als einfach in Reihen übereinander stehende Zellgruppen dar, die in der ersten Zeit noch durch Querscheidewände voneinander getrennt und ausserdem noch mit Plasma angefüllt sind. Mit zunehmendem Alter werden die seitlichen Membranen verdickt, es bilden sich in ihnen die schon früher erwähnten Ringe, Spiralen, Treppen, Tüpfel u. s. w. aus. Die Verdickungen werden stärker und stärker, mit ihrer Zunahme lösen sich die Querscheidewände zwischen den einzelnen Zellen auf, entweder vollkommen oder doch stellenweise, und nun ist eine hartwandige Röhre fertig, in welcher sich nach Zerfall des Zellinhalts Flüssigkeit genau wie in einer Capillarröhre bewegen kann. Der Druck, unter welchem die Flüssigkeit in diesen Röhren steht, ist oft ein sehr starker, er kann 7—8 Pferdekräfte betragen.

Innerhalb der einzelnen Fibrovasalstränge trennen sich die Zellen wieder in zwei Gruppen: diejenige, welche den sogenannten Tracheentheil oder Holzkörper (Xylem) bildet, und in diejenige, welche den Siebtheil oder Bastkörper (Phloëm) darstellen. Im Xylemtheil sind die Zellwände langgestreckt und ausserdem stark verholzt; es finden sich hier alle diejenigen Ausbildungen der Zell-

wand, welche früher schon erwähnt wurden. In den bei Weitem meisten Fällen geht in dem Xylemtheil sehr bald eine Veränderung des Zellinhalts vor sich, indem die lebende Substanz vollkommen verschwindet; es füllen sich die Zellräume mit Luft. Im Phloëmtheil sind die Zellen weniger verholzt, die Membranen bleiben weich, geschmeidig und in der Regel sind die einzelnen Zellen selbst noch mit Saft gefüllt.

Diese beiden Zellgruppen können, wenn sie vollkommen ausgebildet sind, keine weiteren Theilungen mehr eingehen. Kommen sie daher einzig innerhalb des Pflanzenkörpers vor, so ist der betreffende Fibrovasalstrang auch nicht mehr im Stande, weiter zu wachsen. Einige Stränge erfahren aber ein stetiges Wachsthum, in denselben finden sich dann Zellen, deren Inhalt vollkommen lebensfähig bleibt, wir bezeichnen diese Zellen in ihrer Gesammtheit als Cambiumschicht. Dieselbe durchsetzt den gesammten Stamm der Länge nach und bildet zum Theil Holz, zum Theil Bast.

Die Zellen des Cambiums theilen sich fortwährend tangential, die neuen Membranen sind also parallel zur Oberfläche des gesammten Pflanzentheils; nur verhältnissmässig wenige Theilungen gehen radial vor sich. An der inneren Seite bilden sich die Zellen zu Holzgewebe aus, an der äusseren Seite bilden sich die Bastkörper, die innere Schicht bleibt stets activ thätig.

In dem Holz kommen also folgende drei Zellarten vor:

1. Die sogenannten Tracheen; die Längswände derselben sind mit gehöften Tüpfeln versehen, sie bilden jene Gefässe, in denen die Querwände entweder vollkommen aufgelöst sind, oder doch zum Theil verschwinden.

2. Die eigentlichen Holzfasern (Libriformfasern). Sie besitzen einen langgestreckten Bau; an beiden Enden ist die Faser zugespitzt, es schieben sich daher die übereinander liegenden Fasern mit den spitzen Enden zwischeneinander. Die Wände sind ungetüpfelt oder nur mit sehr kleinen spaltförmigen Tüpfeln versehen. Sie bilden den eigentlichen Holztheil der Nutzhölzer zum Beispiel, welcher zu den verschiedensten Gegenständen verarbeitet werden kann, weil die einzelnen Zellmembranen sehr widerstandsfähig und unter Umständen sehr elastisch und fest sind; sie sind es auch, in denen sich die Kieselsäure in grossen Mengen ablagert.

3. Die Parenchymzellen oder Holzparenchymzellen. Es sind solche, bei denen die Längenausdehnung geringer ist, das

Flächenwachsthum daher bedeutender erscheint. Vorwiegend sind die Membranen getüpfelt; sie besitzen im Gegensatz zu den eigentlichen Holzzellen einen stärkeführenden Inhalt, in ihnen wird ausserdem das Wasser durch Diffusion leicht bewegt. Verschwinden zwischen den Tüpfeln die Scheidewände, so ist die Wassercirculation eine noch erheblichere. Die in den Zellen aufgespeicherte Stärke wird besonders dann gebildet, wenn sich grüne Blätter vorfinden, wenn also alle Assimilationsvorgänge in der Pflanze normal verlaufen. Sie dient dazu, im nächsten Frühjahr gelöst zu werden, bildet also einen Reservestoff, welcher dann verwandt wird, sobald die Bildung neuer Gewebe vor sich geht, solange aber noch keine Blätter zur Bildung von Nahrungsstoffen vorhanden sind.

Die verschiedenen Theile der Pflanze werden nun verschieden benutzt. Von einigen Nutzpflanzen verwenden wir häufig das Holz, von andern verwenden wir den Bast. Als solche bastliefernde Zellen sind uns die Lein- und Hanfgewächse bekannt. Bei denselben erreichen die Bastzellen eine bedeutende Länge, sind ausserdem sehr elastisch und fest und lassen sich leicht von den übrigen Zellgeweben trennen. Selbstverständlich sind es hier auch nur die Zellmembranen, welche Verwendung finden können, da der Zellinhalt selbst schnell zu Grunde geht. Von andern Pflanzen ist der Bast deswegen sehr geschätzt, weil er Arzneistoffe enthält; einen der werthvollsten bildet die Chinarinde, es enthält die Bastzelle hier das Chinin.

4. Die Intercellularräume.

Die Wege, auf welchen die Gase und Dämpfe innerhalb des Pflanzenkörpers bewegt werden, sind die sogenannten Intercellularräume. In denselben finden sich aber unter Umständen auch Stoffe, welche von der Pflanze zu andern Zwecken gebildet wurden. Die Luft circulirt in diesen Kanälen in ganz bestimmter Weise. Es wurde schon früher erwähnt, dass sich besonders an der Unterseite der Blätter die Spaltöffnungen finden, welche in die Intercellularräume des Blattes einmünden. Diese Räume setzen sich nun ununterbrochen in dem Stengel des Blattes fort, gehen von da aus in die Zweige resp. in den Stamm der Pflanze und endigen endlich innerhalb der Wurzel. Es sind diese Organe für die Pflanze zum Theil denjenigen gleich zu setzen, welche wir beim Thiere als Lymphgefässsystem und Blutgefässsystem beschrieben haben. Sie dienen dazu, in entferntere Gewebe Gas einzuführen, und dienen

weiterhin dazu, aus den verschiedenen Geweben die Spaltungsproducte nach aussen auszuscheiden.

Weiterhin finden sich innerhalb der pflanzlichen Gewebe verschiedene Hohlräume, welche mit eigenthümlichen Secreten angefüllt sind. Wir können da auch zwischen secretführenden Intercellularräumen und zwischen eigenthümlichen Secretbehältern unterscheiden. Die Zellen rücken bei der Bildung der Spalträume auseinander, entweder dadurch, dass sich die Wandungen zweier aufeinander stossender Zellen spalten, oder es entstehen diese Räume dadurch, dass einzelne Zellen zu Grunde gehen. In den secretführenden Intercellularräumen finden sich entweder schleimige Massen, beispielsweise Gummi oder Gummi und Harz gemischt, oder aber ätherisches Oel, dem überdies Harz beigemengt sein kann, in welchem Falle es als Balsam bezeichnet wird. — Mit Gummi gefüllt sind die Spalträume der Gewebe unserer Pflaumen- und Kirschbäume; es tritt der Gummischleim oft in grossen Tropfen nach aussen und verhärtet an der Luft.

Bei vielen Früchten, wie beispielsweise innerhalb der Schale der Orangen, Citronen u. s. w., kommen sogenannte Oellücken vor; es sind dieselben auch Intercellularräume, in denen sich nach und nach Oeltröpfchen abgeschieden haben. Dieselben lassen sich äusserlich schon erkennen. Auf der Pomeranzenschale erscheinen sie als dunkle Fleckchen, beim Druck springt die äussere Haut auf und das Oel wird mit Gewalt nach aussen hervorgeschleudert. Diese Oellücken entstehen dadurch, dass einige Zellen im Innern Oel in Form von Tröpfchen ausscheiden; die Zellen legen sich eng nebeneinander an, dann verschwinden nach und nach die Membranen zwischen einzelnen Zellen und es entsteht so zwischen diesen ein Raum, in welchem die einzelnen Oeltröpfchen zusammenfliessen können. Durch Auseinanderrücken der Wandungen entstehen die Harzgänge in unseren Nadelhölzern und ebenso die Oelgänge in vielen Pflanzen, wie beispielsweise in der Camille, dem Rainfarn; es weichen bestimmte Zellen auseinander und bilden zwischen sich einen Gang, in welchem sich nun die Secrete ausscheiden, die dann eventuell nach aussen zum Ausfliessen gebracht werden können.

Als Secretbehälter haben wir innerhalb der pflanzlichen Gewebe ebenfalls ein Kanalsystem zu unterscheiden, welches oft in weiter Verbreitung auftritt; so finden sich die sogenannten Schläuche in vielen Pflanzen. Die Schläuche können sehr verschiedener Art

sein: in einem Falle sind es einfach verästelte Zellen, welche sich durch weite Gewebe hinziehen. Der Inhalt derselben ist zum Theil Milchsaft, wie beispielsweise bei den Wolfsmilcharten; bei der Verletzung tritt derselbe in mehr oder minder reichlicher Menge nach aussen hervor. Man bezeichnet die Zellen daher auch wohl als Milchzellen. Es entstehen dieselben sehr frühzeitig, beim weiteren Wachsthum der Pflanze dehnen sie sich mit aus, ziehen in die Blätter u. s. w. hinein.

Eine zweite Art von Schläuchen wird dadurch gebildet, dass sich die einzelnen Zellen eng aneinander legen, dass dann zwischen ihnen die Trennungsmembranen verschwinden und dadurch mehr oder minder weitverzweigte Kanalsysteme innerhalb des pflanzlichen Gewebes entstehen. Solche gegliederte Röhren finden sich beispielsweise im Löwenzahn, dann in der Schwarzwurzel, ebenso auch im Mohn, wo sie den Opium enthaltenden Saft führen. Der Saft der Röhren stellt sich in der Regel als eine Emulsion dar; in einer wässerigen Lösung sind grosse Mengen kleiner fester Partikelchen eingeschaltet. Seine Farbe ist gelb (beim Schöllkraut z. B.) oder weisslich. Bei einigen Pflanzen gehören diese Stränge zu den Fibrovasalsystemen; sie durchziehen, netzartig untereinander in Verbindung tretend, die ganze Pflanze, so beispielsweise bei den Cichorien und Verwandten. Es befindet sich die Flüssigkeit häufig in getüpfelten Zellen. Die Zwischenmembranen brauchen nicht in allen Fällen

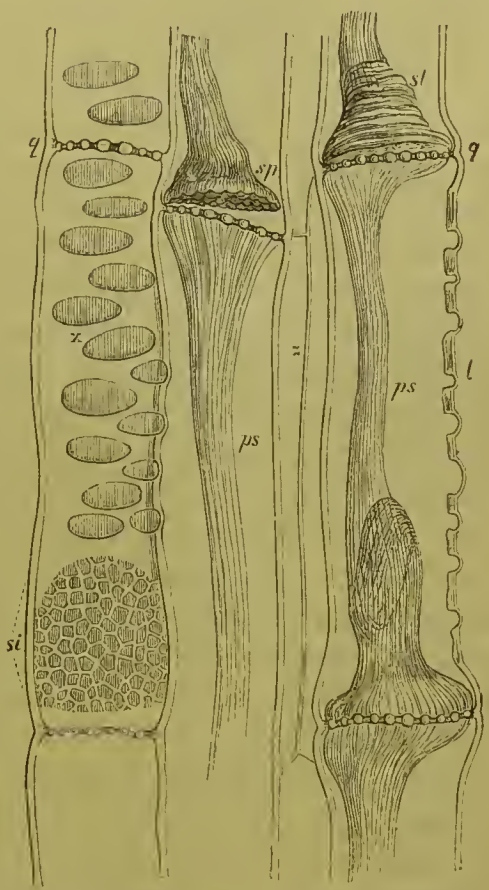


Fig. 67. Längsschnitt durch das Phloëm eines Fibrovasalstranges von Cucurbita Pepo; man sieht drei Siebröhren, deren Querwände q q noch nicht durchlöchert sind, der in ihnen enthaltene Schleim sl und ps hat sich zusammengezogen; bei si eine junge Siebplatte der Seitenwand, auch bei x u. l bilden sich später Siebporen. z Enge parenchymatische Zellen zwischen den Siebröhren (n. Sachs).

zu schwinden; bei den Zwiebeln beispielsweise legen sich diese saftführenden Gefässe schlauchförmig aneinander. Es entstehen Zellreihen; die einzelnen Zellen sind weit, langgestreckt, die breiten Querwände derselben siebartig ausgebildet. Solche Zellreihen durchziehen alle Theile der Pflanze in beinahe parallelen Zügen. In denselben treten häufig Krystalle auf.

Sehr charakteristische Bildungen sind auch die sogenannten Siebröhren. Dieselben setzen sich aus gleichartig der Länge nach aneinander gereihten Zellen zusammen. Die einzelnen Zellen stehen untereinander in Verbindung. Die Membranen, welche sie trennen, sind sämmtlich siebartig durchbohrt. Man bezeichnet dann solche Platten als Siebplatten; in denselben liegen, dicht gedrängt, zahlreiche Tüpfel nebeneinander. An den betreffenden Stellen ist die Membran dünner. In den Siebröhrenzellen findet sich eine zähe, schleimige Flüssigkeit, welche von wahrscheinlich lebendem Protoplasma umschlossen wird, das unter Umständen starke Körner enthalten kann. Der Inhalt zweier, aufeinander stossender Zellen steht durch Plasmaverbindung in directer Beziehung (s. Fig. 67).

In den sogenannten Tracheen ist nur Wasser oder Luft enthalten. Die Wandung der Zellen verholzt sehr frühzeitig, ihr Inhalt geht zu Grunde. Werden die Wandungen genau untersucht, so zeigt sich, dass sie aus Tüpfelzellen zusammengesetzt sind Die Tüpfel finden sich an allen Seiten der Zellhaut; je zwei aufeinander folgende Zellen können durch siebartige Membranen geschlossen werden. Sie treten auch zu grösseren Kanälen zusammen, welche die Pflanze nach allen Richtungen durchziehen und die Luft- und Wassercirculation in derselben vermitteln. Es gehen die Gase entweder von den Blättern zu den Wurzeln oder umgekehrt von den Wurzeln zu den Blättern. Die Flüssigkeiten hingegen circuliren von den Wurzeln nach den Blättern, sie werden dort zum Aufbau verschiedener neuer Substanzen gebraucht; dann geht der Flüssigkeitsstrom von den Blättern bis zur Wurzel zurück.

5. Die Gewebe der Wurzel.

In der Regel besitzt die Pflanze ein Organ, welches stetig Wachsthumserscheinungen zeigt, und zwar sind dieselben durch die Ausbildung eines eigenthümlichen Gewebes bedingt, welches sich im Spitzentheil der Wurzeln vorfindet. Wird ein Längsschnitt durch das Ende einer solchen Wurzel untersucht, so zeigt es sich, dass

zum Theil die Zellen als Hülle im Umkreis der Spitze ausgebildet sind, dass weiterhin in der Spitze selbst verschiedene Arten lebender Zellen vorkommen. Es finden sich dort Urgewebe, welche fort-

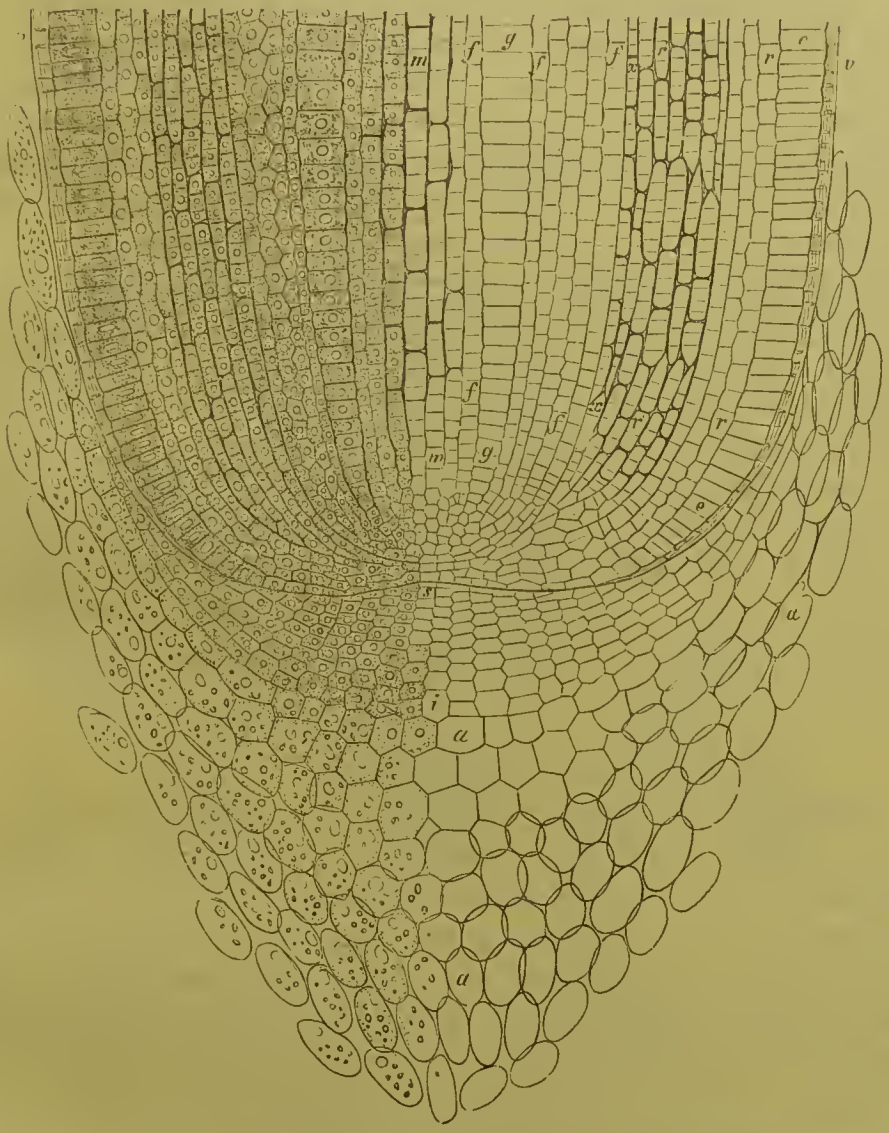


Fig. 68. Längsschnitt durch die Wurzelspitze des Mais. aa Aeussere, ältere Kappe der Wurzelhaube; ii innere, jüngere Kappe. s Scheitel. mgf Plerom. m wird Mark, g Gefäss, f Holz. xr Die Rinde, aus dem Periblem am Scheitel entstehend. ee Die Epidermis, die sich am Scheitel in das Dermatogen fortsetzt; vv verdickte Aussenwände der Epidermis. Die Wurzelhaube entsteht aus dem Dermatogen (n. Sachs).

während wieder neue Gewebe durch neue Zellbildungen aus sich hervorgehen lassen; man hat dieses Gewebe als Ur-Theilungsgewebe, Urmeristem, bezeichnet. Es liegt dort, wo die eigent-

lichen Wurzelgewebe an die sogenannten Haubengewebe angrenzen. Diese Haube, welche die gesammte Spitze umzieht, wird aus verschieden gestalteten Zellen gebildet, die, ihrem Wachsthum nach, denen der Epidermis der höheren Thiere ähnlich sind.

Die innersten Schichten erneuern sich fortwährend, d. h. die Zellen derselben theilen sich ziemlich schnell. Je weiter nun die Schichten nach aussen gelangen, um so mehr verändert sich ihr Inhalt; schliesslich stirbt derselbe ab und nun tritt in den äussersten Schichten der Haut ein Zerfall der entstandenen Zellen wieder ein. Der Zerfall ist für das Leben zum Theil wichtig, denn während desselben werden Kohlensäure und Ammoniak erzeugt: Stoffe, welche für das Leben der Pflanze von grosser Bedeutung sind. Die Haube umgiebt ausserdem das Wurzelende schützend; sie dient dazu, die Gewebe, von denen die Neubildungen ausgehen, vor äusseren Einflüssen möglichst zu sichern.

Im Uebrigen sind die Gewebszellen innerhalb der Wurzel nicht so scharf gesondert, wie dies in anderen Pflanzentheilen der Fall ist. Es kommen allerdings auch Epidermiszellen vor, von denen, wie schon erwähnt wurde, Haarbildungen ausgehen; ebenso kommt ein Grundgewebe vor und in dem Grundgewebe das Fibrovasalgefässsystem.

6. Die Scheitelzelle.

Besonders bei niederen Pflanzen, bei der Gruppe der Kryptogamen, findet die Bildung von Geweben, welche als Urmeristem bezeichnet werden können, durch eine einzige Zelle statt, welche am Scheitel eines jeden Sprosses gelegen ist und dementsprechend als Scheitelzelle bezeichnet wird. Diese Scheitelzelle besitzt ganz charakteristische Eigenschaften; sie theilt sich dauernd in zwei Zellen. Die beiden Tochterzellen, welche entstehen, sind aber selbst wieder voneinander verschieden; die eine derselben bleibt als Scheitelzelle in der ursprünglichen Form bestehen, die zweite, welche als sogenanntes Segment bezeichnet wird, theilt sich wiederholt und bildet dadurch neue Gewebszellen, welche, je weiter sie sich von dem Scheitel entfernen, um so grösscre Differenzirungen erfahren. Solche Scheitelzellen lassen sich leicht zur Anschauung bringen, wenn man beispielsweise die Sprossen einer in unseren Wässern häufig vorkommenden Alge (Chara) auf dem Längsschnitt untersucht. Es liegt dann die sogenannte Scheitelzelle an der Spitze des central gelegenen

Kegels, wie es die beistehende Figur wiedergiebt. Unter der Scheitelzelle liegt die erste Tochterzelle, unter dieser liegen weitere Tochterzellen, welche durch Quertheilung der einen hervorgegangen sind. Es erfolgt die Theilung nach einer bestimmten Gesetzmässigkeit, wie sich dies auch sofort aus der Betrachtung der untenstehenden Figur von selbst ergiebt.

Es ist das Eigenthümliche bei den pflanzlichen Geweben, dass sich die embryonalen Anlagen immer wiederholen; wir haben schon

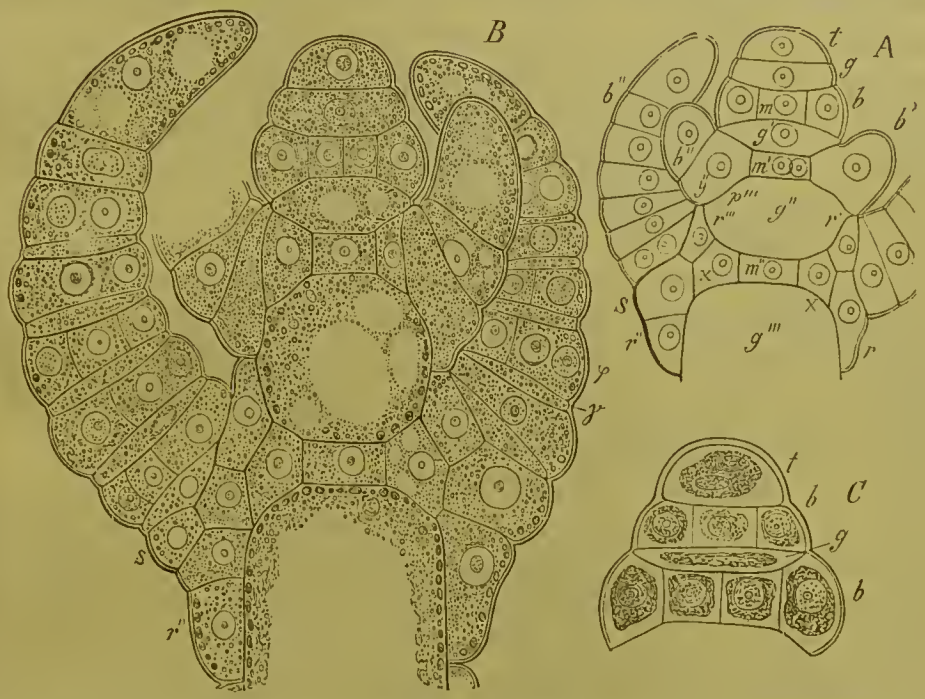


Fig. 69. Optische Längsschnitte durch die Scheitelregion dreier Hanptsprosse von Chara fragilis. t Die Scheitelzelle, welche durch Qnerwände nene Zellen abschnürt, welche sich je dnrch eine zweite Qnerwand in eine untere nicht weiter theilbare Zelle (Internodium) und in eine obere theilen; die letzteren Stammknotenzellen (m m') bilden dnrch Längstheilung Blätter (b). g' g'' g''' Internodien. In B ist das Plasma feinkörnig, das Chlorophyll grobkörnig gezeichnet; in A sind nur die Zellgrenzen, in C dic crsten Theilungen der Scheitelzellc wiedergegeben. t Scheitelzelle, b Stammknotenzelle, g untheilbare Zelle des Internodiums (n. Sachs).

in der Einleitung gesehen, dass sich die Eizelle in mehrere Schichten trennt, in die peripherisch gelegene, in welcher die Epidermis entstand, in eine mittlere, der die Rinde ihren Ursprung verdankt, und eine centrale, aus welcher das Holz hervorgeht. Wir haben gesehen, dass jeder junge Spross eigentlich dieselben Schichten in derselben Reihenfolge aufweist.

7. Die Keimzellen der Pflanzen.

Während wir die Keimzellen der Thiere zum Ausgangspunkt für die Betrachtungen machen konnten, ist dies bei den Pflanzen nicht in demselben Maasse möglich, sondern es können die Keimzellen zum Theil erst Berücksichtigung erfahren, nachdem die Gewebe und die Zellen derselben im Allgemeinen besprochen wurden.

Es treten bei den Pflanzen die Keimzellen meist nicht in der bestimmten Weise auf, wie dies beim Thiere der Fall ist, wo sie alle etwas Gemeinsames zeigen und meist in besonderen Organen entstehen, die sich von dem übrigen Körper mehr oder minder scharf abheben. Bei der Pflanze liegen die Verhältnisse insofern einfacher, als die keimbereitenden Organe stets nur Modificationen der sonstigen in der Pflanze vorhandenen Gebilde darstellen. Wir werden sehen, wie im einfachsten Fall eine beliebige Körperzelle sich differenzirt, wie im complicirteren Falle eine bestimmte Zelle, der Blätter z. B., Veränderungen erfährt und zu Keimzellen heranwächst. Bei den einfachsten pflanzlichen Organismen, bei den niedrigen Algen, können wir ebenso wenig von typischen Ei- und Saamenzellen sprechen, wie dies bei dem einfachsten Thier der Fall war.

Diese einfachsten Geschlechtsverhältnisse finden sich bei jenen Algen, welche als die Conjugaten bezeichnet werden. Es gehören zu dieser Gruppe eine Anzahl von einfachen, zum Theil schlauchförmigen Algen; ihre Zellen theilen sich auch nur in einer Richtung, bilden unter Umständen Fäden oder finden sich einzeln. Es wird die Vermehrung vielfach dadurch eingeleitet, dass sich zwei Zellen oder zwei Zellreihen nebeneinander legen. Dort, wo sich die Zelle mit Zelle berührt, entstehen Aussackungen der Membran, es bildet sich zwischen den beiden Zellen ein Mittelstück und durch dasselbe hindurch tritt dann der Plasmainhalt der einen Zelle mit demjenigen der anderen in Berührung, die beiden verschiedenen Plasmamassen verschmelzen und bilden dann eine rundliche oder selbst kugelige Keimzelle, welche sich mit einer festen Membran umgiebt und dann später einfach auskeimt, d. h. aus der Membran tritt nach Sprengung derselben der Plasmainhalt hervor und wächst zu einem neuen Individuum aus. Es ist schon den älteren Botanikern bekannt gewesen, dass der Inhalt eines solchen Dauerstadiums oder eines solchen primitiven Eies eine Schichtung zeigte, wie wir solche auch bei den Dauerstadien der Amöben kennen gelernt haben. Central liegt der Kern und

um diesen herum eine helle Plasmaschicht; dann folgt eine grosse mittlere, welche braun oder rothbraun gefärbt ist: es ist die Schicht, welche das Nahrungsmaterial enthält. Dieser Inhalt verändert sich auch zum Theil, wie unter dem Mikroskop zu verfolgen ist. Ganz zu äusserst liegt endlich wieder eine helle Zone von geringer Dicke, über welcher dann die Membran entwickelt ist. Man kann bei diesen Conjugaten selbstverständlich nicht von männlichen und weiblichen Keimproducten reden, sondern der Inhalt der beiden Zellen, welche sich miteinander verbinden (conjugiren, im Gegensatz zu copuliren, wie die geschlechtliche Fortpflanzung genannt wird), ist morphologisch und physiologisch gleichwerthig (Figg. 70 I, 71).

Fig. 70. I Zwei Fäden von Spirogyra in Conjugation, links normale Zellen, dereu Membranen sich vorwölben; dann folgen zwei Zelleu, in denen die Membranen verschmolzeu siud, so dass der Inhalt der unteren in die obere tritt; rechts zwei Zelleu, aus denen iu der oberen eine runde Spore eutstandcn ist. II Entwickluug von Pandorina. a Schwärmer, b zwei Schwärmer iu Copulation, c u. d weitere Stadien; e grössere abgerundete Cyste (Zygospore), aus welcher später der Iuhalt auskriecht (f) und eine grosse Schwärmzelle bildet; g freie grosse Schwärmzelle; dieselbe geht durch Theilung in eine junge Familie über (h), welche aus 16 Individuen besteht und heranwächst (i), um sich später zu vergrössern (l) uud aus jedem Individuum eine Tochterfamilie (S sind nur gezeichnet) zu bilden. k eine sogen. geschlechtliche Familie, die in verschleimenden Hüllen kleine Schwärmer erzeugt, welche sich wie oben weiter entwickeln.

Erst dann, wenn der pflanzliche Körper aus einer grösseren Anzahl von Zellen besteht, treten auch die Keimzellen deutlicher hervor. Die einfachsten Verhältnisse sind an jenen Pflanzen zu bemerken, welche in Gestalt von Zellfäden ausgebildet sind, also bei etwas höheren Algen. Die fadenförmigen Algen, welche unsere Gewässer bewohnen, bestehen ursprünglich aus

Reihen aneinander gelagerter Zellen. Die einzelnen Zellen zeichnen sich durch ihr Chlorophyll aus, ihre Membranen sind nicht beträchtlich stark, meist ist die äussere Form cylindrisch. Mit den kleinen Querschnittsflächen des Cylinders stossen die Fäden aneinander und bilden so insgesammt einen mehr oder minder langen drehrunden Körper. Zur Zeit der Fructification differenziren sich einzelne Zellen dadurch, dass sie Umänderungen in ihrem Innern erfahren, es bilden sich die verschiedenen Keimzellen; die weiblichen dadurch, dass die einfache Zelle ihre Cylindergestalt aufgiebt und sich mehr der Kugelgestalt nähert.

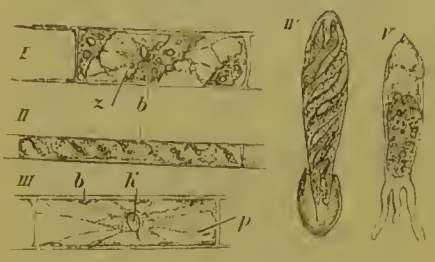


Fig. 71. I Spirogyrazelle mit Chlorophyllband, der Kern und das helle Plasma liegen strahlig im Centrum. II Spirogyra mit engem Spiralband. III Kern und centrales strahliges Plasma ohne Chlorophyllband gezeichnet. IV Auskeimende Spore von Spirogyra. V Anwachsender Schwärmer, derselbe entsendet in die Unterlage pseudopodoide Fortsätze.

Sie lässt sich dann zwischen den übrigen Zellen des Fadens leicht auffinden. Je weiter ihre Entwicklung vor sich geht, um so deutlicher wird die Kugelform, schliesslich unterscheidet sie sich sofort von den vorhergehenden und nachfolgenden Zellindividuen; es wird die complicirtere kugelige Zelle als Oogonium bezeichnet, wie wir auch früher schon erwähnten (Fig. 72).

Der Inhalt eines jeden Oogoniums besteht auch, wie der Inhalt der thierischen Eizelle aus verschiedenen Schichten; central lässt sich ein rundlicher Kern unterscheiden, auf diesen folgen dann noch, concentrisch gelagert, einige andere Schichten, von denen die mittlere durch ihren reichen Gehalt an Chlorophyll ausgezeichnet ist. Die Oogonien werden auch bei diesen niederen Algen zum Theil befruchtet; die männlichen Keimproducte entstehen in Zellen, welche sich dadurch vor den übrigen auszeichnen, dass sie zunächst schnellere Theilungen erfahren hatten, sie bleiben cylindrisch, aber die Cylinder sind kürzer geworden, der Inhalt derselben differenzirt sich alsbald in einige wenige Theilchen, welche schliesslich den Charakter von Schwärmzellen annehmen, d. h. sie bekommen an einem Pol Flimmerhaare, meist einen Kranz solcher, und bestehen dann im Uebrigen aus einem chlorophyllhaltigen Plasma, in welches ein deutlicher Kern eingelagert erscheint. Diese kleinen Schwärmzellen können nun entweder als solche direct in das Oogonium eintreten und dieses be-

fruchten, oder aber sie gelangen auf ihrem Wege an ein Oogonium heran, setzen sich hier fest und wachsen in die Länge, bilden dabei einige wenige Zellen, die ungefähr insgesammt die Gestalt eines Pfeifenkopfes haben, mit dem unterem spitzen Ende sind sie angewachsen. Es folgt dann meist eine bauchige Zelle und auf diese zwei kleinere, von denen die obere mit einem Deckel aufspringt. Die obere Zelle nähert sich dem Rand des Oogoniums, die Membran des letzteren platzt und es tritt eine Oeffnung auf; zu der Zeit platzt ebenso der Deckel der obersten Zelle, des sogenannten Zwergmännchens, der Zellinhalt aus derselben schlüpft aus und bildet ein sogenanntes Spermotozoid, welches in die Oeffnung des Oogoniums hineinschlüpft und dann das letztere befruchtet. Hat die Befruchtung stattgefunden, so umhüllt sich das Oogonium mit einer eigenen Membran. Während in thätigen Pflanzenzellen die Chlorophyllkörner unverändert bleiben, ihre Farbe behalten und sich theilen, geht in dem Oogonium ein Zersetzungsprocess der Chlorophyllkörner vor sich, was sich dadurch markirt, dass sie ihre Farbe verändern und sich nicht weiter theilen; sie werden rothbraun oder roth, verschwinden auch wohl zum Theil. Das befruchtete Ei löst sich dann aus dem Verband der übrigen Zellen, sinkt auf den Boden des betreffenden Gewässers. Dort durchläuft die Eizelle einige Theilungen, sie zerfällt meist in vier Partien; diese vier Theile besitzen sämmtlich den Charakter von Zellen, sie wachsen aber nicht direct aneinander zu einem Individuum aus, sondern sie trennen sich alsbald voneinander und schwärmen aus dem Oogonium aus; sie bilden vier Schwärmer, welche ebenso vielen neuen Individuen den Ursprung geben. Diese vier Schwärmer setzen sich nämlich am Boden oder an anderen Gegenständen fest, wachsen aus, bilden eine längere Zelle, welche sich dann theilt und schliesslich einen neuen Algenfaden entstehen lässt. Im einfachsten

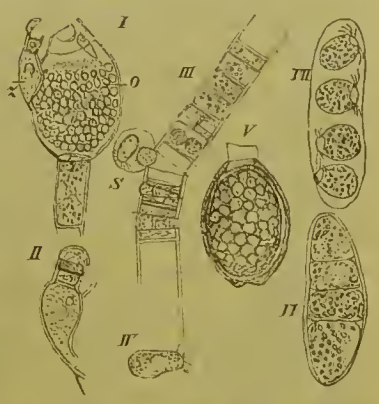


Fig. 72. Entwicklung von Oedogonium ciliatum (modificirt nach Pringsheim). I Oogonium, dem bei z ein Zwergmännchen aufsitzt, dessen oberste Zelle aufgesprungen ist und ihren Inhalt in das Oogonium entleerte (Befruchtung). II Zwergmännchen, stärker vergrössert. III Faden, welcher Antheridien bildet; bei s schlüpfen zwei Schwärmer aus. IV Schwärmer, sogen. Spermatozoid. V Befruchtetes und abgekapseltes Oogonium. VI Ei in Zerfall. VII Der Zerfall in 4 Schwärmer ist beendigt.

Fall entwickelt sich neben dem Oogonium aus demselben Faden ein schlauchförmiger, männlicher Keimapparat, das Antheridium; es bildet einen sich hakenförmig krümmenden Faden, der nach dem Oogonium zu herüber steigt und dieses direct befruchtet. Bei einzelnen können zwei Antheridien neben dem Oogonium entstehen, worauf dann der Inhalt desselben sich in mehrere Partien sondert.

Es kann hier nicht der Zweck sein, alle die verschiedenen Entwicklungszustände der niederen Pflanzen mitzutheilen. Bei den Pilzen legen sich zahlreiche Fäden nebeneinander. Es ist hier die Gewebsbildung verhältnissmässig einfach und lässt sich im Grossen und Ganzen auf die einfachen schlauchförmigen oder fadenförmigen Gewebe der niederen Pflanzen zurückführen; es treten die Fadenbildungen in ausgesprochenster Weise auf, ein Theil der Fäden legt sich meist innerhalb des Nährbodens, der entweder aus humusreicher Erde und aus thierischen und pflanzlichen Geweben besteht, in Gestalt eines weit verzweigten Netzes an, ausserdem treten eine grössere Anzahl Fäden an der freien Seite dicht nebeneinander zu Tage und bilden einen zusammenhängenden Körper, in dessen Innerem dann fruchtbildende Theile sich differenziren können. Es werden in bestimmten Schläuchen bei sehr vielen Pilzen sogenannte Sporen erzeugt; die Schläuche legen sich entweder büschelförmig, oder birnförmig, oder in bestimmten Partien gesondert nebeneinander an, der Plasmainhalt in einem Schlauch theilt sich dann; es gehen zunächst Kerntheilungen vor sich. Die neuentstandenen Kerne rücken in der Regel in einer Linie auseinander, sie sammeln je Plasmamassen um sich herum, diese umhüllen sich mit festeren Membranen und bilden

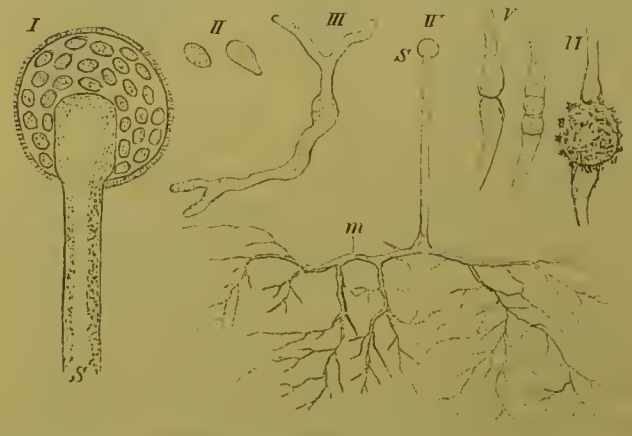


Fig. 73. Entwicklung vom Schimmelpilz. I Freies Ende s mit Sporenbildung, der Inhalt des Köpfchens zerfällt in zahlreiche Sporen. II u. III Auskeimen der Sporen. IV Pilzpflänzchen; m Mycel, mit dem es in die Nährstoffe eindringt; s Sporenträger mit Sporenkapsel. V Zwei Mycelfäden, stark vergrössert; dieselben vereinigen sich und bilden an der Vereinigung durch Absehnürung eine Zelle sogen. Zygospore, die später auskeimt. VI Fertige Zygospore mit der dunklen Hülle.

die sogenannten Sporen. Diese Sporen werden unter Umständen durch geeignete Mechanismen nach aussen ausgestossen und zwar häufig mit grösserer Gewalt und unter Bedingungen, die in physiologischer und morphologischer Hinsicht sehr interessant sind.

Bei den Moosen, welche einen Uebergang zwischen niederen und höheren Pflanzen bilden, sind die Verhältnisse der Geschlechtsapparatentwicklung auch noch ziemlich einfach. Es bilden sich hier weibliche und männliche Sexualorgane, die als Antheridien und Archegonien im eigentlichen Sinne bezeichnet werden. Die Antheridien sind verschieden geformte, kugelige, eiförmige, keulenförmige oder langgestreckte Säcke, die äusseren Wandungen werden von Zellschichten gebildet. Im Innern entwickelt sich eine Zelle weiter und zwar durch wiederholte Theilung nach und nach zu einer grösseren Anzahl von kleinen Schwärmzellen, sogenannten Spermatozoiden. In der Regel sind die Spermatozoiden schraubenförmig gewundene Zellen, deren eines Ende kopfförmig verdickt ist, während das andere mehr oder minder lange Wimperhaare trägt, vermittelst derer sie sich weiter bewegen können. Dem entgegengesetzt sind die weiblichen Keimorgane, die sogenannten Archegonien, mehr von beutel- oder flaschenförmiger Gestalt. An eine aufgetriebene Keimstätte setzt sich ein längerer Schlauch, der aus einzelnen Zellen gebildet wird, an; der letztere wird als Hals bezeichnet, die Auftreibung als Bauch. Sowohl im Hals- wie auch im Bauchtheile findet sich central ein schlauchförmiger Zellstrang; die Halszellen sind schmal, die Bauchzellen erweitert, die innerste der letzteren reift zur sogenannten Eizelle heran. Sie zeigt deutlich ein Keimbläschen oder einen Kern und ausserdem ein hüllenloses Plasma, welches ebenfalls in concentrischen Schichten etwas differenzirt ist. Die in einer Linie über dieser liegenden Bauch- und Halszellen behalten ihren Charakter nicht lange, sondern gehen verhältnissmässig bald zu Grunde: sie zerfallen, ihr Inhalt wird schleimig und bildet so einen Kanal, durch welchen die Spermatozoiden eindringen können, um dann zu der Keimzelle zu gelangen. Sowie letztere mit den Spermatozoiden in Verbindung getreten ist, umgiebt sie sich mit einer festen Membran und stellt so ein befruchtetes Ei dar, wie wir es schon oft kennen gelernt haben.

Neben dieser geschlechtlichen Fortpflanzung kommt dann bei den Moosen noch eine Fortpflanzung durch Sporen vor. Dieselben bilden sich in den sogenannten Sporogonien, eigentlichen Moos-

früchten. Diese Sporogonien gehen ihrerseits wieder aus befruchteten Eizellen hervor und zwar aus den eben erwähnten Archegonien. Es wurde schon gesagt, dass dasselbe aus Wandzellen und dann den Achsenzellen mit der Bauchzelle besteht. Die Wandzellen wachsen nun anfänglich bei der Bildung des Sporangiums noch weiter, später zerreissen sie und bleiben noch auf der Spitze des Sporangiums als hutförmiges, zarthäutiges oder schopfartiges Gebilde hängen. Das Sporangium selbst bildet sich aus der Eizelle. Diese theilt sich zunächst in zwei Theile, einen unteren und einen oberen; der untere bildet den sogenannten Fussabschnitt und dient zur Anheftung des gesammten Gebildes an den Geweben der Pflanze und zur Nahrungszufuhr; der obere lässt aus sich die sogenannte Kapsel entstehen. Diese kann verschiedene Formen zeigen, entweder ist sie langgestielt, oder sie ist kürzer; auf Schnitten zeigt sie sich aus verschiedenen Schichten zusammengesetzt: einer peripherischen, welche die sogenannte Wand bildet, und einer centralen. Aus der centralen gehen die Sporen hervor und ausserdem in vielen Fällen eigenthümliche Zellen, welche als Schleuderzellen bekannt geworden sind. Diejenigen Zellen des centralen Theils, welche die Sporen liefern, werden auch als Sporenmutterzellen bezeichnet. Die Sporen entstehen durch Zerfall des Inhalts der Sporenmutterzellen und zwar meist vier in einer jeden der letzteren. Zunächst sind sie noch mit den nebenliegenden Zellen gewebartig verbunden, später lösen sich aber die Mutterzellen los und zwar meist vor der Sporenbildung, dann reisst, nachdem die Sporen gebildet sind, die Kapsel ein und die Sporen werden nach aussen ausgetrieben. Die letzteren sind entweder kugelig oder vierseitig abgeflacht und sind von einer doppelten Haut umgeben, einer äusseren festeren und einer inneren zarten. Beim Keimen platzt die erstere und es bildet sich dann durch Austritt des Plasmas, welches überall von der inneren Membran umhüllt bleibt, ein Geflecht von fadenartigen, chlorophyllhaltenden Zellen.

Es ist hier schon ersichtlich, dass zur Bildung der Eizelle mehrere Gewebe hinzugezogen werden. Auch bei vielen niederen Pflanzen waren schon die Eizellen und die Schwärmer bildenden Zellen von Hilfsgeweben umgeben, welche sie schützen und ihre Weiterentwicklung möglichst sicher stellten. Bei allen höheren Pflanzen, die nun noch kommen, so bei den Gefässkryptogamen, zu denen unsere Farrenkräuter gehören, dann bei den Holzpflanzen, zu

denen unsere Nadel- und Laubhölzer zu zählen sind, entstehen die Keimproducte in Blättern, sie sind zum Theil umgewandelte Blattzellen. Besonders lässt sich von der Eizelle sehr schön nachweisen, dass dieselbe in der Regel eine umgewandelte Scheitelzelle ist, welche nur von den nebenliegenden Zellen, in der noch später zu besprechenden Weise, umhüllt wird.

Bei den Gefässkryptogamen entstehen die Früchte an der Unterseite der Blätter. Es muss aber auch hier, ähnlich wie bei Moosen, zwischen einer geschlechtlichen und einer ungeschlechtlichen Generation unterschieden werden; es bilden sich Eier und Spermatozoiden in der geschlechtlichen, in der ungeschlechtlichen Sporen. Von der Spore muss ausgegangen werden. Aus derselben entsteht ein kleines, blattförmiges Gebilde (Prothallium), welches sich mit mehreren Wurzelhaaren in der Erde festsetzt. An der Unterseite desselben bilden sich dann die Geschlechtsorgane aus, die weiblichen und die männlichen nebeneinander. Die Geschlechtsgeneration bleibt verhältnissmässig klein, ist sehr einfach gebaut und geht schnell zu Grunde, um die geschlechtslose Generation aus sich entstehen zu lassen, welche dann schliesslich jene üppigen Formen zeigt, in denen uns so viele Farrenkräuter entgegentreten. Diejenigen Theile, welche die männlichen Producte erzeugen, treten als kleine halbkugelige oder cylindrische Wärzchen an der Oberfläche des Prothalliums hervor, oder sind in die Gewebe desselben eingesenkt. Sie bestehen äusserlich aus einer zusammenhängenden Randschicht, welche von verschiedenen Zellen gebildet wird; im Innern entstehen die Mutterzellen der Spermatozoiden. Diese Mutterzellen liegen anfänglich in einer Achse. Die Spermatozoiden, welche durch Theilung der Mutterzelle entstehen, sind schraubenförmig gewunden, fadenförmig, sie besitzen meist an einem Ende zahlreiche Wimperhaare, vermittelst deren sie sich fortzubewegen vermögen.

Die Archegonien oder die weiblichen Keimstätten sind ebenfalls einfache Hervorragungen auf der Fläche des Prothalliums; sie bestehen, wie bei den Moosen, aus einer Rindenzellschicht und einer centralen Zellschicht, die centrale zerfällt auch in eine tiefliegende, bauchige, eigentliche Eizelle und in eine Anzahl schnurförmig übereinander gelegene Halszellen. Die innere Zelle, die eigentliche Eizelle oder Centralzelle, wächst heran und bleibt anfänglich unverändert; über ihr liegen die Halszellen, welche nach und nach, wie bei den Moosen, verschleimen und dann den Spermatozoiden einen

Weg in das Innere des Archegoniums bahnen. Es entsteht durch Zerreissen der offenen Rinde ein offener Kanal, aus welchem Schleim hervorquillt, durch den die Spermatozoiden zur Weiterbewegung veranlasst werden.

Die gesammte Befruchtung muss durch Wasserzufuhr eingeleitet werden; nur wenn der nöthige Grad von Feuchtigkeit vorhanden ist, verschleimen sich die Halszellen der Archegonien und öffnen sich die Zellen der Antheridien. Durch das Wasser wird dann auch der Weg gebahnt, den die Spermatozoiden nach den Archegonien hin nehmen. Ist ein Spermatozoid eingetreten, das heisst also: ist die Eizelle befruchtet, so entsteht die ungeschlechtliche, zweite sporenerzeugende Generation. Es bildet sich alsbald durch Theilung der Eizelle ein kleiner Embryo, der selbstredend aus mehreren Zellen besteht. Schon die ersten Zellen lassen sich gleich auf spätere Organe zurückführen; ein Theil derselben bildet die Wurzel, ein Theil die Blätter und den Stengel. Die Wurzel senkt sich von der unteren Fläche des jetzt noch persistirenden Prothalliums aus in die Erde hinein und befestigt das junge Pflänzchen am Boden. Später entwickeln sich, auf hier nicht zu schildernde Weise, die Stengel und die Blätter. An der Unterseite der Blätter treten nun in der Nähe der Rippen die sogenannten Sporenträger auf. Wird ein Farrenkraut, welches gerade Sporen bildet, untersucht, so zeigt sich an der unteren Fläche ein mehr oder minder ausgedehnter Belag von kleinen Tüpfeln. Dieselben bestehen in der Regel auf dem Querschnitt aus einem kurzen Stielchen, welches vom Blatt entstanden und oben einen schirmartigen Schleier trägt. An den Stielchen knospen nun die Sporangien oder die sporenerzeugenden Theile hervor. Dieselben sind ebenfalls gestielt und tragen an ihrem Ende Knötchen, in denen die Sporen gebildet werden. Auf einem Schnitt zeigt sich, dass ein solches Sporagium aus mehreren Zellschichten besteht, in der Regel aus zwei peripherisch gelegenen, welche eine Hülle abgeben, und aus den central gelegenen, die sich theilen und durch Weitertheilung gedachte Sporen liefern, welche denen der Moose sehr ähnlich sehen. Bei den Farrenkräutern lassen sich vielfach zweierlei sporenerzeugende Organe unterscheiden, einmal die sogenannten Makrosporangien, das heisst grosse, dann die Mikrosporangien, welche bedeutend kleiner sind; die ersteren bilden Sporangien, in denen die centralen Zellen nur wenige Theilungen eingehen oder in welchen nur eine einzige Zelle zur Ausbildung

kommt. Diese Zelle schwärmt dann später auch aus und erzeugt ein Prothallium, welches nur weibliche Keime erzeugt, also nur Archegonien producirt. Die Mikrosporangien sind dadurch charakterisirt, dass die inneren Zellen in zahlreiche kleine Zellen zerfallen; aus diesen kleinen, welche auch wieder als Sporenmutterzellen bezeichnet werden können, entstehen dann Mikrosporenschwärmer, was in ähnlicher Weise geschieht wie bei den Moosen; es entwickeln sich aus ihnen rudimentäre Prothallien, mit nur männlichen Keimen. Hier sind schon zum ersten Male die Geschlechter schärfer getrennt, es bilden sich doppelte Blüthen — wenn wir es so nennen können —, männliche und weibliche aus, die dann später durch complicirtere Fortpflanzungsverhältnisse wieder eine ungeschlechtliche Generation erzeugen. Von hier aus werden wir leicht zu den höheren Pflanzen geführt.

Bei den höheren Pflanzen entstehen an den Blättern, ganz ähnlich wie bei den Farrenkräutern, auch zweierlei verschiedene Keimproducte, einmal die Makrosporen, die wir dann als Eizellen bezeichnen und die in dem sogenannten Fruchtknoten ihre Entwicklung erfahren, und zweitens Mikrosporen, welche als Saamenzellen aufgefasst werden können, die in den Staubblättern ausgebildet werden und später durch Befruchtung der Eizelle den Ursprung für neue Generationen geben.

Gerade bei den Pflanzen sehen wir recht deutlich, wie die verschiedenen Gewebe zunächst nur gebildet werden, um den sich entwickelnden Keimproducten die nöthige Stätte für ihre Ausbildung zu schaffen. Die einfachsten Verhältnisse sind gewiss jene bei den niederen Algen. Anfänglich liegen die Archegonien oder Oogonien und die Antheridien vollkommen frei; sie entstehen aus einfachen Zellen durch Umbildung derselben. Es ist nun selbstverständlich, dass Hilfsgewebe, wenn diese angebracht werden können, die Ernährung eines Eies erleichtern und die Bildung desselben befördern. Daher tritt denn auch schon bei höheren Pflanzen der Umstand hervor, dass sich um diese eben genannten Keimproducte Zellen herum lagern, die theils den Zweck haben, die Eizellen resp. die männlichen Keimzellen zu schützen, ihre Entwicklung zu sichern, und die theils den Zweck besitzen, auch Nahrungsmaterialien für die sich bildenden Eizellen und Saamenzellen zu schaffen. Denn es ist ja selbstverständlich, dass in jeder Zelle, schon nach dem früher Gesagten, alsbald Arbeitstheilungen eintreten müssen; es wird die Vermehrung der Zelle entschieden hindern, wenn sie sich gleichzeitig ernähren soll,

wenn sie Assimilationsproducte selbst produciren muss und dabei complicirte Theilungen erfährt, die zur Bildung neuer Individuen führen. Bei den Pflanzen sind diese Verhältnisse auch am leichtesten zu untersuchen, denn die Gewebe derselben und die Zellen der einzelnen Gewebe bleiben verhältnissmässig einfach. Bei den Pilzen tritt es deutlich zu Tage, wie ein Schlauch neben dem anderen zunächst frei entsteht, wie jeder Schlauch dann seine Früchte erzeugen kann. Später gehen die Zellschläuche mehrere Verbindungen ein, sie legen sich dicht nebeneinander und dadurch entsteht endlich ein primitives Gewebe, welches nur wenige Differenzirungen erkennen lässt. Die fruchttreibenden Theile der einfachen Schläuche legen sich hier getrennt nebeneinander an, dazwischen und daneben finden sich allerdings schon Hilfsgewebe einfachster Art, die auch nur in Gestalt einfacher Zellfäden auftreten. Sie bilden Hüllen, welche die sporenerzeugenden Theile schützen, sie bilden aber weiterhin schliesslich auch Hüllen, welche dazu dienen, die Entleerung der Sporen zu befördern. Diese Verhältnisse sind gewiss sehr interessant, jedoch gehen sie über den Rahmen der Betrachtung einer Zelle hinaus; um aber zu zeigen, wie die Hilfsgewebe verschieden entwickelt sein können, mag hier nochmals ausführlich die Function eines Sporangiums bei den Farrenkräutern Erwähnung finden.

Es wurde schon erwähnt, dass dasselbe gestielte Gewebe darstellt. Wir finden äusserlich eine einfache Zellschicht, welche an den Enden des Stiels bauchförmig oder köpfchenförmig geschwollen ist. Es hat dies Sporangium den Zweck, die Sporen so lange zusammenzuhalten, bis sie sich vollkommen entwickelt haben, ihnen auch die nöthige Nahrung zuzuführen, und dann besitzt es den Zweck, die Sporen nach aussen herauszuschleudern. Es müssen sich daher selbstverständlich die Zellen der Wandung dementsprechend modificiren und dies geschieht in dem genannten Fall dadurch, dass ein Theil der Zellen ringförmig um das gesammte Sporangium herum rückt und zwar liegt der Ring vom Stiel aus über dem Scheitel des Köpfchens auf der anderen Seite nach dem Stiele zurückkehrend; es verdicken sich die Wandungen dieser Zellen sehr energisch. Solange dieselben noch vollkommen functioniren, sind die Spannungsverhältnisse in den Wandungen gleich, das heisst, es kann kein Auseinanderrücken der einzelnen Zellen stattfinden. Anders wird es aber, wenn der Protoplasmainhalt, der diese Zellen erfüllt, Veränderungen erfährt, besonders wenn er zu schrumpfen beginnt.

Wasser verliert. Die Wand, welche den Sporen aufliegt, ist fest zusammenhängend, sie wird sich durch Wasserverlust am wenigsten verändern, aber der übrige Theil der Zelle wird, so wie das Plasma einschrumpft, sich zusammenziehen, das heisst, der freie Rand wird kleiner, es werden die Querscheidewände den Spitzen einander genähert; dadurch tritt dann aber die Tendenz ein: die Grundmembran zu strecken. Da die Zellmembranen vermöge der Cohäsion eng aneinander hängen, so muss selbstverständlich der Widerstand, den die Cohäsion entgegensetzt, überwunden werden. Die Spannungsverhältnisse werden sich zunächst steigern, genau wie in einer Uhrfeder, welche man kreisförmig krümmt und die Enden zusammenlässt. Sowie nun die Cohäsion aufgehoben wird, wird das eine Ende des Ringes frei und jetzt schnellt der gesammte Ring nach aussen; dadurch werden die im Innern liegenden Sporen mitgerissen und nach einfachen mechanischen Gesetzen nach aussen hervorgeschleudert. Solche Schleuderapparate finden sich bekanntlich auch bei höheren Pflanzen: so werden die Früchte von einzelnen, beispielsweise des „Kräutchens Rührmichnichtan", auf ähnliche Weise durch Platzen der Schoten nach aussen entleert. Aehnliche Zerstäubungsapparate finden sich in mannigfachster Weise bei den Pilzen. Bekannt ist der auf Feldern und in Wäldern vorkommende „Püster", welcher auch zur Zeit der Reife äusserlich platzt, worauf die Sporen aus dem Innern hervorgeschleudert werden.

Bei den höheren Pflanzen entstehen bekanntlich die Eier und Pollen innerhalb gewisser Organe, welche als Blüthen bezeichnet werden. Bei einer rein morphologischen Betrachtung unterscheidet sich die Blüthe allerdings wesentlich von den nebenliegenden Geweben; wird sie jedoch entwicklungsgeschichtlich untersucht, so stellt sich alsbald heraus, dass ihre einzelnen Theile auf andere Theile der Pflanze zurückführbar sind und zwar auf die Blätter derselben.

Es sind ja die Blätter bekanntlich sehr wichtige Organe für die Unterhaltung des Lebens der Pflanze, sie breiten sich flächenartig in die Luft hinein aus, um vermittelst dieser grossen Fläche Gase aus der Luft aufzunehmen, besonders Kohlensäure, welche dann unter Einwirkung der Wärme und des Lichtes in den einzelnen Zellen umgewandelt wird. Wir lernten auch schon einen Stoff kennen, welcher die Umwandlung mit veranlasst: dieser Stoff war das Chlorophyll, welches besonders in den mittleren Zellen in grosser Menge ausgeschieden ist.

Es wurde schon erwähnt, dass sieh in den Blättern die drei Gewebsformen vorfinden, welche auch sonst in den Pflanzen, besonders bei höheren Pflanzen, auftreten: äusserlich die Epidermis, dann die Grundgewebe und endlieh die Fibrovasalgewebe in ihren verschiedenen Ausbildungsweisen.

Betraehtet man ein Blatt in der Entwicklung, so lässt sieh ein jedes auf die Embryonalanlage wieder zurückführen. An der Stelle, wo es entsteht, wölbt sich die Epidermis vor, die einzelnen Zellen derselben theilen sich, die unter ihr liegenden Zellen, das Periblem, vermehren sich ebenfalls sehr entschieden. Es entsteht ein kleiner Höeker, endlich kommen aueh vom Plerom einzelne Zellen hinzu und die junge Blattanlage tritt kegelförmig nach aussen hervor, um sieh dann in versehiedener Weise weiter zu entwiekeln. Bei den niederen Pflanzen ist es ein Abkömmling der Seheitelzelle, dem das Blatt seine Entstehung verdankt. Wir sahen, dass die Seheitelzelle sieh zunächst in zwei Zellen theilt, in eine obere, welehe nur dazu bestimmt erseheint, neue Theilungen aus sieh hervorgehen zu lassen, und in eine unter ihr liegende. Die letztere differenzirt sieh wieder in zwei, in eine, die einfaeh bleibt, und in eine andere, welehe alsbald Theilungen erfährt und zwar Theilungen, die senkreeht verlaufen, also die Zelle in nebeneinander liegende Stüeke zerfallen maeht. Die einfaeh bleibenden Zellen dienen nun zum grossen Theil zur Ansehaffung von Nahrung, während letztgenannte Zellen sieh weiter theilen und an der Peripherie des Sprossendes zur Blattbildung übergehen.

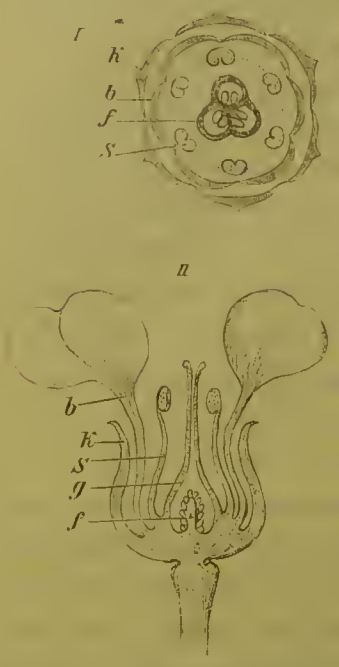


Fig. 74. Schema der Blüthe einer Blume. I Blüthe quer durchschnitten; es würden liegen bei: k die Kelchblätter, b Blumenblätter, s Staubbeutel (männliche Blätter), f Fruchtknoten (weibliche Blätter). II Blüthe im Längsschnitt, die Bezeichnungen wie oben.

Wird eine Blüthe auf dem Längsschnitt untersueht, so stellt es sieh heraus, dass sie aus ringförmig umeinander gesehichteten Blattanlagen besteht, und zwar haben die Blattanlagen ungefähr die Anordnung, wie sie die beifolgenden Figuren wiedergeben. Ganz eentral liegt ein höekerförmiger Vorsprung; es ist derjenige Theil, welcher der Knospenspitze entsprechen würde; in ihm, und das mag

hier schon erwähnt werden, legt sich das Ei der Pflanze an. Der Vorsprung wird nun zunächst von Blättern umgeben, welche ihn

Fig. 75. Männliche und weibliche Theile der Blüthe. I—VI männliche. I Auskeimendes Pollenkorn vom Bärlapp. s Schlauch mit 2 Kernen. II Pollenkorn von Bärlapp mit einer Nebenzelle. III Korn mit getheilter Nebenzelle s. IV Auskeimendes Pollenkorn im Durchschnitt; s Nebenzellen, k Kerne des Schlauches. V Pollenkorn der Kiefer mit zwei seitlichen Anhängen. VI Querschnitt durch einen Staubfaden; p Pollenmutterzellen, welche durch Theilung den Pollen liefern; t Tapete, welche die Zellen schützt und ernährt und später einen Hohlraum um das Pollenfach bildet. — VII—X weibliche Blüthentheile. VII Fruchtknoten mit Griffel und Narbe im Durchschnitt. b Griffel; n Narbe, auf derselben liegt ein Pollenkorn p, welches einen Schlauch durch den Griffelkanal getrieben hat (s), derselbe dringt um die Saamenanlage herum in die Mikropyle ein. e Aeusseres, i inneres Schutzblatt (äusseres und inneres Integument); dieselben umgeben den centralen Embryosack; derselbe trägt bei o die Eizelle mit den angelagerten Trägerzellen (Synergiden); bei o′ die sogen. Antipoden; k Kern der ursprünglichen Bildungszelle des Embryosackes; a sogen. Kerngewebe. VIII Spitze eines Embryosackes mit den aufliegenden Zellen (a), der Eizelle (e) und dem sogen. Keimbläschen (b). IX Spitze des Embryosackes mit einem sich bildenden Embryo; t Trägerzellen, c 3zelliger Embryo. X Embryosack, stärker vergrössert und isolirt; e Eizelle; k Zellen des sogen. Endosperm, welche sich allmählich ausbreiten und den Embryosack auskleiden.

vollkommen umhüllen und ausserdem nach oben emporwachsen; selten nur bleibt der Knospenkern nackt, meist bildet sich um ihn herum eine einfache oder eine doppelte Hülle. Diese Hülle besitzt

auch den Charakter von Blattanlagen, jedoch modificiren sich dieselben alsbald; sie legen sich scheidenartig zusammen. An ihrem äussersten Ende bleibt nur ein feiner Kanal. Diese Hüllen werden als äusseres und inneres Integument bezeichnet. Der Kanal, welchen sie oben frei lassen, besitzt die Function, bei der Befruchtung dem eintretenden Pollenschlauch den Durchtritt zu gestatten, es ist die schon früher erwähnte Mikropyle.

Wird eine solche Knospe auf ihre Entwicklungsgeschichte hin untersucht, so zeigt sich, dass sie aus Dermatogen und Periblem hervorgegangen ist, also aus jenen Schichten, welche die Epidermis und die Grundgewebe liefern. Im Umkreis dieses sogenannten Fruchtknotens, bilden sich nun noch weitere Hüllen aus, welche ebenfalls den Charakter der Blätter haben. Es legen sich entweder am unteren Ende des Fruchtknotens oder in der Mitte oder am oberen Ende desselben ringförmig eine Anzahl Blattanlagen an, welche zunächst kleine Kegel bilden, später aber eigenthümlich modificirt werden. Es sind dies die Anlagen der männlichen Organe, die sogenannten Staubfäden; um dieselben herum entstehen dann ebenfalls wieder ringförmig weitere Anlagen: es sind die eigentlichen Blumenblätter und ganz zu äusserst endlich noch eine ringförmige Blattanlage, der Kelch.

Von all' diesen Theilen wird der Kelch zuerst angelegt, dann erst folgen die übrigen inneren Organe nach; später können diese Anlagen noch mehr oder minder weitgehende Differenzirungen erfahren und dann in den mannigfaltigen Formen auftreten, in denen uns die verschiedenen Blüthen der Pflanze bekannt sind. Ebenso können die Blattanlagen einfach bleiben oder mehrfach sein, je nachdem die Blüthen einfach oder mehrblätterig sind. Sämmtliche Blattanlagen haben alle denselben inneren Bau; sie entstehen durchweg aus Dermatogen und aus Periblem in ihrem Innern.

Untersuchen wir zunächst die Spitzen des Sprosses, also jene Theile, aus welchen die weiblichen Keimproducte hervorgehen. Aeusserlich wird auch diese Spitze von den Dermatogen überzogen, zunächst in einer zusammenhängenden Schicht. Die Periblemzellen differenziren sich im Innern alsbald; eine derselben zeichnet sich dadurch aus, dass sie sich zunächst nicht energisch theilt, sondern einfach bleibt, dafür aber ein bedeutendes Längen- und Breitenwachsthum erfährt. Diese Zelle ist die spätere Mutterzelle des Eies, sie bildet den sogenannten Embryosack. Es erfährt das Plasma

derselben Theilungen, die selbstverständlich auch vom Kern ausgehen Die beiden Kerne rücken an die Enden (die Pole) der Zelle, an den vorderen und hinteren Pol; vorn theilen sie sich noch einmal in meist zwei Zellen, an dem hinteren Ende theilen sie sich in der Regel in drei Zellen; die letzteren werden als Antipoden bezeichnet.

Ausserdem bleibt ein Theilstück des ursprünglichen Kernes in den meisten Fällen noch einfach in der Mitte liegen; die Zellen neben der Eizelle können sich ebenfalls noch einzeln theilen, es entstehen dann an der Spitze gleichfalls drei einzelne Zellen. Diese drei Zellen haben verschiedene Functionen; nur eine derselben wird später befruchtet und wächst zum Embryo aus; die anderen beiden scheinen nur dazu zu dienen, dem Pollen den geeigneten Durchtritt zu gestatten und ihn vielleicht zum Theil umzuändern; sie werden als die Synergiden (Hilfszellen) bezeichnet. Erst nachdem sich die Eizelle mit dem Pollenschlauch verbunden hat, erfolgt die weitere Umwandlung derselben, sie umgiebt sich mit einer Membran, wie auch schon wiederholt geschildert worden ist.

Die Zellen des Embryosackes haben zum grossen Theil die Function, Nahrungsstoffe umzubilden und das Wachsthum der Eizelle, des eigentlichen Embryos, zu ermöglichen. Es muss jedoch bemerkt werden, dass wir über die Functionen der Pflanzenzellen noch verhältnissmässig sehr wenig wissen, dass es aber einfacher erscheinen wird, diese zum Ausgangspunkt von physiologischen Untersuchungen zu machen, als die thierischen.

Für die männlichen Organe finden sich ebenfalls bestimmte Blätter: die männlichen Blätter oder Staubblätter; dieselben entwickeln an ihren freien Enden eine mehr oder minder grosse Anzahl von Mikrosporangien oder Pollensäcken. Im Grossen und Ganzen gleichen auch ihre Producte, wie schon angedeutet wurde, den Mikrosporen bedeutend, ja selbst der Entleerungsapparat ist in beiden Fällen ähnlich, indem auch die Pollen durch einen Klappenmechanismus hervorgeschleudert werden. Wird ein Staubfaden näher untersucht, so lassen sich an ihm unten die eigentlichen Stieltheile und am oberen Ende die Staubbeutel oder Pollenbeutel erkennen. Der Pollenbeutel enthält die Pollenkörner (den sogenannten Blüthenstaub), welche den Sporen der niederen Pflanzen entsprechen. Die Anlage der Pollenblätter geschieht schon verhältnissmässig frühzeitig, es entstehen dieselben als Wülste im Umkreise des Fruchtknotens, entweder auf demselben in seinem oberen Theile oder in der Mitte desselben

oder am unteren Theile. Es besteht ein solches junges Staubblatt (Anthere) aus zwei Hälften, welche sich wieder in je zwei weitere Abschnitte theilen, so dass im Ganzen vier getrennte Partien entstehen, die sich später zu den sogenannten Pollensäcken ausbilden.

Die Gewebe dieser Pollensäcke bestehen aus äusseren Schichten und central gelegenen Schichten; die centralen sind die sogenannten Pollenmutterzellen. Es gehen die Pollenmutterzellen aus einer Periblemschicht hervor, während die Schlauchhülle aus den äusseren Epidermisschichten sich bildet; die direct unter der Epidermis liegenden Periblemzellen sind auch die Urmutterzellen des Pollens. Es liegt das Periblem doppelschichtig der Epidermis an; während des weiteren Wachsthums trennt sich dasselbe in zwei Schichten; die innerste derselben liefert die eigentlichen Pollenmutterzellen. Sie wachsen beträchtlich heran und unterscheiden sich dadurch alsbald von den Zellen der nebenliegenden Gewebe: anfänglich liegen sie bandförmig nebeneinander. Nur in sehr seltenen Fällen sind wenige Pollenmutterzellen entwickelt, noch seltener ist nur eine derselben ausgebildet; sie theilen sich wenig, meist nur zweimal, so dass insgesammt in einer jeden Pollenmutterzelle vier neue Zellen entstehen. Die Pollenbildung geht zunächst nach dem Schema der indirecten Kerntheilung vor sich; es sind gerade die Polleumutterzellen von den Botanikern zu der Untersuchung der Kerntheilungsfiguren herangezogen worden. Die im Umkreis der Pollenmutterzellen liegenden Gewebe spalten sich auch durch längsgestellte Membranen in mehrere Schichten. Die innerste dieser Schichten bildet eine Auskleidung des gesammten Pollenschlauches, die sich aber endlich vollkommen auflöst und auf diese Weise das Innere des Schlauches mit einer Flüssigkeit erfüllt, in welcher nun die sich entwickelnden Pollenzellen schwimmend angetroffen werden. Die Kerntheilungen sind gerade bei den Pollen sehr interessant: sie gehen in derselben Weise vor sich, wie dies früher für thierische Gewebe geschildert wurde. Zunächst wird die Grenze des Kernes der Pollenmutterzelle undeutlich, dann rückt der Kern auseinander, es entstehen zwei neue Kerne, die unter Umständen sich sofort wieder theilen können, auf dieselbe Weise, so dass dann vier Kerne auftreten. Dementsprechend bilden sich innerhalb einer Mutterzelle zwei oder vier Pollenkörner. Die Plasmamassen sammeln sich um die Kerne herum, zunächst liegen sie abgeplattet nebeneinander, dann aber differenzirt sich in ihrem Umkreis eine Membran und zwar geschieht dies in der Regel erst dann, wenn die ursprüng-

liche Membran der Pollenmutterzelle zu Grunde gegangen ist und die Pollenkörner frei nach aussen hervortreten konnten.

Die Bildung der Membran beim Pollen ist sehr interessant. Zunächst stellt sie ein dünnes Häutchen dar, allmählich verdickt sich dasselbe peripherisch, es zeigt einen geschichteten Bau. Aber die Verdickungen gehen nicht an allen Stellen gleichmässig vor sich, sondern es entstehen zum Theil dünnere Stellen dadurch, dass an einigen Punkten kein weiterer Stoff aufgelagert wird, und weiterhin entstehen verdickte Stellen, welche die Oberfläche des Pollenkornes in Form von Stacheln, Warzen, Riffeln u. s. w. überziehen. Sind die Zellen frei geworden, so schwimmen sie schliesslich in den Antherensäcken oder Antherenfächern umher und erlangen hier ihre definitive Ausbildung. Es wird die Flüssigkeit, welche sich im Umkreis der Pollen findet, nach und nach von diesen aufgesaugt und verbraucht, so dass endlich, wenn die Körner vollkommen ausgebildet sind, der Inhalt des Antherenfaches trocken erscheint und eine staubförmige Structur besitzt. Die Hülle der Anthere springt dann zu der Zeit, wohl ebenfalls in Folge von Wasserverlust, auf und es tritt der Pollen nach aussen hervor. Häufig wird er ebenso wie die Sporen der Pilze durch Schleuderapparate nach aussen hervorgeschleudert. Sowie das Pollenkorn reif ist, erfährt es oft noch weitere Theilungen*), es bleibt nicht stets einzellig, aber es besitzt stets die Fähigkeit gewisse Flüssigkeiten in grosser Menge aufzunehmen: so beispielsweise Zuckerlösung und dann ausserdem jene Stoffe, welche, wie erwähnt, auf der Narbe der weiblichen Blüthen vorhanden sind. An jenen Stellen, welche Verdünnungen der Membran zeigen, tritt der Inhalt des Pollenkornes schlauchartig nach aussen hervor; es werden fortwährend Flüssigkeitsmassen aufgesaugt und dadurch selbstverständlich das Volumen des lebenden Protoplasmas im Korn vergrössert. Der Austritt der Schläuche kann entweder nur an einer Stelle erfolgen oder er erfolgt an mehreren Stellen, so dass dann das Pollenkorn eine Anzahl von wurzelförmigen Fortsätzen nach aussen entsendet.

Bei den verschiedenen Pflanzenarten ist die Ausbildung der Pollen ebenso verschieden, wie die Ausstülpung des Pollenschlauches.

*) Entweder theilt sich die Zelle in der Hülle des Pollenkernes einmal, so dass dann eine kleine wandständige und eine grosse blasige Zelle entsteht, oder die wandständige Zelle theilt sich durch eine Quermembran abermals, worauf dann das Korn aus einem dreitheiligen Zellcomplex besteht. Die grosse Hauptzelle bildet später den Befruchtungsschlauch.

Es hängen diese Verhältnisse theils von den Membranen ab, welche sich im Umkreis eines jeden Kornes finden, theils aber auch von der Länge des Griffelkanals, durch welche der Pollenschlauch hindurch wachsen muss. Die Figur 75, I—VI zeigt einige Ausbildungen des Pollens, sowohl in der Aufsicht wie auch im Durchschnitt stärker vergrössert.

Es mag hier noch ein Gewebe aus dem Pflanzenkörper erwähnt werden, welches durch seine physiologischen Bestimmungen sehr interessant geworden ist. Es ist bekannt, dass eine Selbstbefruchtung der Blüthen nicht stattfinden kann, es müssen die verschiedenen weiblichen Theile der Blüthen Pollen aus anderen Blumen bekommen, falls die Befruchtung eine vollkommene sein soll. Es entwickeln sich daher auch meist die Pollenschläuche und die Narben nicht gleichmässig zur selben Zeit, sondern in der Regel ist die Narbe einer Blüthe dann vollkommen entwickelt, wenn die Pollen schon abgestäubt sind oder noch unvollkommen ausgebildet erscheinen. Es kommt nun darauf an, aus anderen Blüthen Pollenkörner auf die empfängnissfähige Narbe zu übertragen. Dies geschieht auf sehr verschiedene Weise, im einfachsten Fall wird es durch die Luftströmung bewirkt; der Wind treibt den Blüthenstaub nach dem Platzen der Pollenschläuche umher und es gelingt meist eine ziemlich vollkommene Befruchtung der nebenstehenden weiblichen Blüthen. In sehr vielen Fällen werden Insecten zum Transport des Blüthenstaubes in Anspruch genommen. Es kommt nun darauf an, dass die Blüthen dann, wenn ihre weiblichen Apparate empfängnissfähig sind, Insecten anzulocken vermögen; dies geschieht auf verschiedene Weise, entweder wird von gewissen Blüthentheilen eine bestimmte Wärme erzeugt, die sich sogar beträchtlich steigern kann, oder es wird im Innern der Blüthen ein Secret geliefert, welches den Insekten als Nahrung dient und dieselben anzuziehen vermag. Dies Secret besteht meist in besonderen, drüsenartigen Behältern der Pflanze, welche man als Nectarien bezeichnen kann. Die Secrete sind theils riechend, dabei süss, honigartig schmeckend, in der Regel frei zu Tage tretend oder nur von sehr dünnwandigen Zellmembranen abgeschlossen, so dass sie leicht erlangt werden können. Sie entstehen auch nur an den Blättern oder an den Achsentheilen der Blüthen dadurch, dass sich die äusseren Zellen derselben differenziren und einen drüsenartigen Charakter annehmen; vielfach springen die Zellen dann wulstartig nach aussen hervor. Häufig finden sich dabei an

der Blüthe noch sackartige Ausbuchtungen, welche dazu bestimmt sind, die von den Zellen gelieferte Flüssigkeit aufzusammeln; so ist der sogenannte Sporn beim Veilchen und den verwandten Arten nichts Anderes, als eine solche Ausbuchtung der Blüthenblätter zum Zweck der Ansammlung des Secretes.

ACHTES KAPITEL.

Der Untergang der Zelle.

Aus all' diesen Betrachtungen hat sich zur Genüge ergeben, welcher Theil der eigentlich wichtige innerhalb der Zelle ist. Wir haben gesehen, dass die Membranen in der verschiedensten Weise ausgebildet sein können, dass sie ebenso auch unter Umständen fehlen dürfen, ohne dass die Zelle, respective der Organismus, darunter Schaden leidet; wir haben aber auch stets gesehen, dass in allen Zellen niemals der Plasmainhalt fehlen darf.

Unsere Mikroskope zeigen uns, dass sich dieser Inhalt in verschiedenen Schichten concentrirt. Ganz constant tritt im Innern eine Schicht auf, die wir als Kern oder Keimbläschen bezeichnet haben und im Umkreis desselben eine Schicht, welche als sogenannte Zellsubstanz angeführt wurde. Wir kennen keine Zelle, der nicht diese beiden Theile mindestens zukämen. Wenn daher irgendwie die Function einer Zelle gestört wird, so kann es nur daran liegen, dass der Plasmainhalt in irgend einer Weise eine Veränderung erfährt. Eine solche Veränderung tritt in der That in jeder Zelle ein, denn wir wissen, dass alles Leben wechselt, dass dasselbe in verschiedenen Gestalten fortwährend verschieden auftritt, dass eine Form nur eine bestimmte Zeit die gleiche bleibt; ja wir dürfen behaupten, dass ein jeder Organismus eigentlich ständig seine Zusammensetzung wechselt, wenn auch die Veränderungen, die in ihm vorgehen, nur ganz minimaler Art und auf Veränderungen in der Zellsubstanz beschränkt bleiben. Kleinere Aenderungen äusserer Einflüsse erträgt diese Substanz mit einer gewissen Widerstandsfähigkeit; wir haben aber auch schon in dem Anfangskapitel gesehen, dass grössere Veränderungen der Existenzbedingungen von ihr nicht ertragen werden, die Zelle geht dann zu Grunde, sie stirbt ab, wie wir sagen und zwar kann das Absterben auf ganz verschiedene Weise geschehen.

Untersuchen wir die äussere Haut, so lassen sich an derselben peripherisch eine Anzahl von Schichten erkennen; die inneren bestehen aus Zellen, welche rundlich sind, deren Inhalt alle diejenigen Eigenschaften zeigt, die von einem lebenden Plasma verlangt werden. Diese inneren Zellen leben auch in der That, ihre Kerne theilen sich und dann tritt Theilung des gesammten Zellleibes ein. Die neugebildeten Zellen rücken weiter nach oben vor; je mehr sie aber nach der Oberfläche kommen, um so mehr verändert sich ihr Inhalt, es wird ihnen Wasser entzogen, und er vertrocknet langsam und damit hört er auf, activ thätig zu sein.

Dieser Process des Absterbens geht in unserem Körper ganz unmerklich vor sich, aber ständig. Die oberen Zellen stossen sich ab, die unteren ersetzen sie wieder. Auf der anderen Seite haben wir Beispiele dafür, dass der Zellinhalt nicht Flüssigkeit verliert, sondern noch solche aufnimmt und sich dabei verflüssigt; es bildet sich eine schleimige Masse, innerhalb welcher anfänglich noch Zellgrenzen und Kerne sichtbar sind. Nach und nach verflüssigen aber auch diese, die betreffenden Zellen gehen zu Grunde.

Bei der Pflanze treten verödete Zellen in grosser Ausdehnung auf. Das Holz unserer Bäume und Nutzpflanzen besteht ja ausschliesslich aus Zellresten, d. h. der eigentlich physiologisch active Theil derselben, das Plasma der einzelnen Zellen, ist zu Grunde gegangen, es ist verflüssigt, hat sich aufgelöst und ist in andere Theile hineingeschlemmt oder ausgestossen worden, die Zellhäute, die sogenannten Cellulose-Membranen, sind bestehen geblieben und bilden in ihrer Gesammtheit dasjenige, was wir als Holz bezeichnen.

Alle Zellen, mögen sie nun heissen wie sie wollen, sind einmal dazu bestimmt, wieder zu Grunde zu gehen; und zwar geht dies mit verschiedener Geschwindigkeit vor sich, meist schon, wenn Früchte erzeugt sind, d. h. wenn diejenigen Theile des Thieres oder der Pflanze zur Ausbildung gelangten, deretwegen die verschiedenen Gewebe entstanden. So sehen wir eine grosse Anzahl von Thieren sehr schnell dahin sterben, sowie einmal die Eizellen oder Saamenzellen derselben nach aussen abgeschieden sind; ebenso sehen wir auch eine grosse Anzahl von Pflanzen schnell zu Grunde gehen, wenn sie Saamen erzeugt haben. Es sind dies alle diejenigen Pflanzen, die nur einen Sommer grünen und blühen und die man daher auch als einjährige bezeichnet.

Die Lebensdauer der Zelle ist dementsprechend ganz verschieden. Wir dürfen wohl annehmen, dass in dem Körper fortwährend eine Reorganisation eintritt, d. h. dass dauernd neue Zellen gebildet werden, alte Zellen absterben. Dadurch verändert sich aber unmerklich der Inhalt der Zellen und schliesslich verlieren dieselben die Eigenschaft, weitere Zellschichten zu bilden, sich zu theilen und dann tritt eben der Tod des gesammten Individuums ein.

Es sind diese Verhältnisse ziemlich complicirt; bei jenen Körpern, bei welchen eine grosse Menge von Organen gebildet sind, genügt es, dass die Zellen eines Organes zu Grunde gehen, um sofort die gesammten Zellcomplexe zu zerstören; es hängt dies mit der Arbeitstheilung, welche in den Organen stattgefunden hat, zusammen. Nimmt man einem Menschen das Nervensystem oder das Epithel des Darmrohres oder das Lungenepithel, so ist ihm auch in demselben Augenblick fast die Fähigkeit genommen, weiter zu existiren, er geht zu Grunde: stirbt.

Bei den niederen Thieren, wo die Arbeitstheilung noch nicht in der Weise innerhalb der Zellen ausgesprochen ist wie bei den höheren, kann man schon mit mehr Glück mechanische Eingriffe in die Organisation wagen, ohne fürchten zu müssen, dass die betreffenden Thierformen schnell zu Grunde gehen. Wenn wir beispielsweise einen Süsswasserpolypen durchschneiden, so wachsen aus ihm einfach zwei neue Individuen hervor, indem die abgeschnittenen Stücke die Fähigkeit besitzen, wieder neue Organismen zu bilden. Aehnlich ist es bei den Pflanzen, indem hier die Theile, welche wir Knospen nennen, von den Pflanzen getrennt werden können und je für sich neue Pflanzen zu erzeugen vermögen. Bei den Protozoen gestaltet sich die Sache noch einfacher, indem hier gar keine Arbeitstheilungen, welche auf verschiedene Zellen beschränkt sein könnten, vor sich gehen, sondern die eine Zelle übernimmt alle Functionen, ist allerdings durch Arbeitstheilungen in ihrem Inneren wieder differenzirt. Bei der Theilung entstehen zwei neue Zellen, welche den vorhergehenden schliesslich gleichen oder, je nachdem sie in wechselnde äussere Bedingungen gebracht werden, auch wechselnde äussere Formen annehmen können. Dadurch, dass sich der Körper der Protozoen so einfach gestaltet und bei der Theilung stets in zwei neue lebende Individuen zerfällt, ist man auf den Gedanken gekommen, von diesen Individuen zu behaupten, sie seien in gewisser Weise unsterblich, d. h. es soll sich der Körper einfach ohne

Substanzverlust weiter fortpflanzen, und dies stimmt ja allerdings bis zu einem gewissen Grade. Aber es muss doch stets dabei bedacht werden, dass, sowie eine Amöbe beispielsweise oder ein Infusorium in zwei neue zerfallen ist, diese beiden neuen heranwachsen, dass neue Stoffe dem Körper zugeführt werden, und dass die alten Stoffe wieder zu Grunde gehen, so dass es immerhin mit der sogenannten Unsterblichkeit auch hier ein eigen Ding ist. Und wenn man das will, so ist auch ein jeder Organismus unsterblich, denn bestimmte Theile eines Organismus pflanzen sich dauernd fort; bei den höheren Thieren und Pflanzen wären die Ei- und Saamenzellen diejenigen, welche unter Umständen Unsterblichkeit besässen.

Im Allgemeinen beruht das Absterben der Zelle und des Organismus also darauf, dass das Plasma der einzelnen Zellen die Fähigkeit verliert, weitere Umsetzungen vornehmen zu können. Die Stoffe, welche in den Körper hineingebracht werden, werden nicht mehr in der entsprechenden Weise umgewandelt. Nehmen wir ein bestimmtes Beispiel: Wird einem höheren Thiere die Lunge zerstört, so hört damit das Leben auf, weil dem Blute von nun an nicht mehr der Sauerstoff zugeführt werden kann, welcher dazu dient, gewisse Umsetzungen im Körper zu veranlassen. Hat das Thier nicht mehr die Fähigkeit, diesen Sauerstoff auf irgend eine Weise zu ersetzen, so werden sämmtliche Zellen und Zellcomplexe in ihrer Thätigkeit gestört, sie können nicht mehr normal functioniren und nach kurzer Zeit tritt der Tod der Zellen ein. Wir brauchen gar nicht das Lungengewebe herauszunehmen, sondern wir können einfach die Athemluft so modificiren, dass sie keinen Sauerstoff mehr enthält, es tritt dann der Tod durch Erstickung ein und dies ist weiter nichts als ein Vorsichgehen der oben geschilderten Processe. Bei vielen niederen Thieren können nun beispielsweise Hilfsorgane eine Zeit lang in Anspruch genommen werden. Exstirpirt man einem Frosch die Lunge, so stirbt derselbe nicht sofort ab, sondern, weil die Arbeitstheilung in seinen Geweben noch nicht sehr weit gegangen ist, treten andere Organe an die Stelle der Lunge: es übernimmt die äussere Haut die Functionen derselben und das Thier athmet ruhig weiter, so dass das Leben des Individuums noch erhalten bleibt.

Nach diesem Gesichtspunkt hin kann man auch bei niederen Amphibien, also bei den niedrigsten Wirbelthieren, die Athmung bis zu einem gewissen Grade modificiren. Die Salamander z. B. athmen

im Alter durch Lungen, in der Jugend durch Kiemen; hält man Salamanderlarven dauernd im Wasser, so kann selbstverständlich die Lunge nicht functioniren, deshalb behalten diese Formen ihre Kiemen und athmen länger, als es gewöhnlich der Fall ist, durch dieselben.

Ebenso ist es mit dem Verdauungsapparat; werden die Epithelien desselben zerstört, so kann selbstverständlich dem Körper von nun ab keine assimilirte Nahrung mehr zugeführt werden. Eine Zeit lang werden die einzelnen Zellen des Körpers noch im Stande sein, zu leben, weil sie in sich selbst eine grössere Summe von Reservenahrungsstoffen eingeschaltet haben, welche nun zur Unterstützung der Functionen der einzelnen Zellen dienen.

Leicht wird vom Körper die Entfernung der keimbereitenden Organe ertragen; werden einem Thier die Eierstöcke oder die Hoden genommen, so geht die betreffende Form nicht zu Grunde, sondern sie lebt ruhig weiter. Es sind ja eben, wie schon erwähnt wurde, alle Zellen und Gewebe und Organe dazu da, diese Theile zu ernähren; die Zellen der keimbereitenden Organe besitzen aber, wie wir früher schon auseinandergesetzt haben, eine grosse Selbstständigkeit, in Folge dessen können sie auch leicht von den übrigen Geweben getrennt werden, ohne dass diese darunter erheblichen Schaden leiden. In ähnlicher Weise sind auch die Zellen der sogenannten animalischen Organe, des Nervensystems, der Sinnesorgane dann der Muskulatur und Bindesubstanzen, wenigstens die Knochen und Knorpelmassen, zum Theil nicht so durchaus für die Existenz der betreffenden Formen nöthig, sie kommen erst als Zellen zweiten Grades in Betracht.

Schon geringe Veränderungen der Lebensbedingungen des Thieres vermögen in diesen Zellen grosse Veränderungen zu erzeugen; so ist es möglich, die Bildung der Sinnesorgane in verhältnissmässig kurzer Zeit rückgängig zu machen dadurch, dass man einem Individuum die Fähigkeit nimmt, das betreffende Sinnesorgan brauchen zu können.

Wenn also Zellen im Körper zu Grunde gehen, so wird der Untergang derjenigen am wenigsten empfunden, welche auf die Existenz des Gesammt-Organismus den geringsten Einfluss haben. Die Sinnesorgane können beispielsweise frühzeitig absterben und fehlen, so können die Augen und das Gehörorgan, zum Theil auch das Geruchsorgan zu Grunde gehen, ohne dass der Körper direct

grösseren Schaden dadurch erlitt, auch die Muskulatur kann sich reduciren oder das Skeletsystem sich vereinfachen und trotzdem vermag das betreffende Individuum noch weiter zu existiren. Sowie man aber die erstgenannten vegetativen Gewebe zerstört und den Zellen derselben die Fähigkeit nimmt, ihre Functionen auszuüben, geht der Organismus in schneller Weise zu Grunde.

Die Werthigkeit der verschiedenen Zellen des Körpers ist schon durch den Bau der einfachsten Thierformen gegeben. Bei der Hydra sahen wir zwei Zellschichten, eine äussere, welche athmet und daneben allerdings empfindet, und eine innere, welche assimilirt. Bei höheren Thieren treten zwischen diese Zellschichten weitere Zellen ein, zunächst Bewegungszellen, Muskelzellen, und empfindende Zellen und solche, die den Reiz fortleiten (Nerven), dann die Sinnesorgane, schliesslich getrennte, keimbereitende Gewebe, womit die Ausbildung des höheren Thierkörpers seine Grenze erreicht hat. In der umgekehrten Reihenfolge, wie eben genannt, können also die einzelnen Zellen wieder verschwinden.

NEUNTES KAPITEL.

Schlussbetrachtungen.

Nachdem wir uns die verschiedenen Zellen des pflanzlichen und thierischen Körpers betrachtet haben, wird es zweckmässig sein, die gewonnenen Resultate noch einmal kurz zusammenzufassen.

Es war im Jahre 1867, als der Wiener Physiologe Ernst von Brücke einen Aufsatz erscheinen liess, welcher bedeutendes Aufsehen erregte und der die Ueberschrift trug: Die Zelle als Elementarorganismus. In diesem Aufsatz trat der Verfasser der damals herrschenden Ansicht von der Einheit und Gleichheit des Plasmas entschieden entgegen. Er versuchte darzulegen, dass in der Zelle die einzelnen Functionen des Lebewesens schon vorhanden sein müssten und zwar localisirt vorhanden wären, das heisst mit anderen Worten: er sprach sich entschieden dafür aus, dass eine Arbeitstheilung schon innerhalb der Zellsubstanz stattfinden müsste, ja, dass die Arbeitstheilung bis ins Minimalste weiter ginge. Allerdings fehlten damals noch die Belege für die Richtigkeit einer solchen Annahme, aber neuerdings haben wir erkennen gelernt, dass der Körper der Zelle in der That kein einheitliches Gebilde darstellt, es finden finden sich in einer jeden Zelle

Schichten, die im Laufe dieser Betrachtungen zur Genüge geschildert wurden. Wo solche Schichten aber auftreten, da müssen wir auch annehmen, dass sie bestimmte Functionen besitzen und zwar jede Schicht eine besondere Function. Die Zellen haben das Bestreben, ihre Körperform beizubehalten, denn ihr Inhalt unterliegt denselben mechanischen Gesetzen wie alle übrigen Körper auf unserem Planeten auch. Nach mechanischen Gesetzen ist aber die Gleichgewichtslage der flüssigen Körper die Kugelgestalt und Gleichgewicht muss innerhalb des Organismus ebenso gut herrschen, wie überall in der Natur, daher ist die Ursprungsform der Zelle die Kugel. Es liesse sich über diese Betrachtungen ein eigenes Werk verfassen; hier können sie nur kurz angedeutet werden, denn es kann nicht in der Absicht dieser Arbeit liegen, auf mechanische Gesetze u. s. w. ausgedehnt Rücksicht zu nehmen.

Also die Schichtung ist in der Zelle vorhanden, und es ist zum Theil der Nachweis erbracht, dass an die verschiedenen Schichten verschiedene Functionen geknüpft sind, dass hauptsächlich jene Functionen, welche wir als die durchaus nothwendigen eines jeden Lebewesens auffassen, die der Bewegung, der Verdauung der Nahrung und der Vermehrung, an ganz bestimmte Schichten gebunden erscheinen. Deshalb können wir auch mit Fug und Recht jene Zonen in der Zelle, welche dazu bestimmt sind, diese Functionen auszuüben, als Elementarorgane benennen und dementsprechend der gesammten Zelle den Titel Elementarorganismus beilegen. Es ist ja gewiss wahr, dass in den Gewebszellen, sowohl der Pflanze wie auch des Thieres, diese Zonen unter Umständen sehr schwer nachzuweisen sind, aber für diese Differenzirungen die Gründe klar zu legen, hält nach dem bisher Mitgetheilten auch nicht schwer. Wir haben ja gesehen, dass sich mehrere Zellen nur zum Zweck der Arbeitstheilung aneinander legen und dass es das erste Bestreben der organischen Masse war, sich weiter auszudehnen: sie will und muss wachsen, das ist das erste Grundgesetz, welches das Plasma beherrscht. An das Wachsthum sind aber alle übrigen Lebenserscheinungen geknüpft; mit der Volumzunahme der Zelle ändern sich selbstverständlich die Lagerungsverhältnisse innerhalb derselben, es ist dann nicht mehr möglich, dass die peripheren Schichten in gleicher Weise von den centralen beeinflusst werden, oder die centralen beeinflussen können, wie das wünschenswerth wäre. Daher muss eine Trennung des gesammten Inhalts eintreten,

es erfolgt die Theilung; bei der Theilung würde sich dann sehr bald herausstellen, dass die beiden neu entstehenden Zellindividuen verschiedene Functionen zu übernehmen haben. Bei den einfachsten Lebewesen, so bei den fadenförmigen Algen, besitzen alle Zellen gleiche Functionen, aber wir haben auch hier schon gesehen, dass bald eine Arbeitstheilung eintritt, indem bei höheren Algen eine Zelle dazu bestimmt ist, die Vermehrung einzuleiten, während nebenliegende Zellen dazu dienen, die Processe der Vermehrung zu unterstützen; sie geben Hüllen ab, welche die Keimzellen vor äusseren Einflüssen bewahren, welche ihnen Nahrung zuführen u. s. w. — Morphologisch betrachtet, scheinen alle Zellen ähnlich, aber auch schon die Untersuchung der Keimzellen zeigt uns bald, dass die morphologischen Verhältnisse für die Auffassung der Zelle nicht allein massgebend sind. Wir sehen, dass sich die eine Zelle zu einem Ei weiter bildet, dass die andere Zelle durch Theilung eine grössere Menge einzelner Keime erzeugt, welche als männliche Keimelemente hingestellt wurden. Aus dem Bedürfniss der Arbeitstheilung sind alle die verschiedenen Gewebe hervorgegangen, und wenn sich der Physiologe mit dem Leben des Organismus, mit dem Leben der Gewebe und Zellen beschäftigt, dann hat er in erster Linie diese Arbeitstheilung zu berücksichtigen, denn nur durch dieselbe wird ihm der Schlüssel für das Verständniss der Function einzelner Zellen gegeben. Unsere Kenntniss ist nur leider noch nicht eingehend genug, um ganz allgemein gültige Gesetze hinstellen zu können.

Selbst wenn wir die Zelle rein morphologisch betrachten, müssen wir uns sagen, dass unsere Wissenschaft erst am Anfang steht und dass wir absolut noch nichts Umfassendes klar gestellt haben. Jede Verbesserung des Mikroskopes, jede Verbesserung der Untersuchungsmethoden giebt uns neuen, bis dahin noch nicht gekannten Aufschluss über die Structur der Zelle. Es wird vielleicht noch lange Zeit hindurch dauern, ehe wir uns ein einigermaassen richtiges Bild vom Bau der Elementartheile der höheren Thiere zu machen vermögen; denn dass das Bild, welches wir uns bisher gemacht haben, nicht der Wirklichkeit entspricht, sondern von unseren subjectiven Anschauungen stark beeinflusst wird, muss stets berücksichtigt werden.

Darin liegt aber gerade der Reiz der Forschung: man soll objectiv prüfen und sich dessen, was man sieht und nicht sehen kann, stets bewusst sein. Wer das nicht vermag, der soll sich überhaupt mit der Untersuchung solcher Objecte nicht befassen. Der-

jenige, welcher sofort mit kühnen Ideen an die Natur herantritt und glaubt, wenn er ein klein Weniges gefunden hat, so dürfe er sich einbilden, die Hauptgesetze, welche in der Natur Geltung besitzen, erforschen zu können, der wird es nie und nimmer in der Forschung weiter bringen. Der Weg der Untersuchung ist ein mühsamer und er wird um so mühsamer, je mehr wir den Bau der Organismen kennen lernen. Es hält dem Einzelnen schwer, Alles zu umfassen, und doch darf er wenigstens das Wichtigste, was in anderen Disciplinen aufgestellt wird, nicht vernachlässigen. Es darf Jeder, welcher sich das Leben der Zelle zu seinem Studium gemacht hat, darüber nicht den allgemeinen Bau der Pflanzen und Thiere vergessen, sondern er muss sich mit der Untersuchung der Organe weiter beschäftigen und muss weiterhin die Chemie und die Physik stets und ständig zu Rathe ziehen und auch in diesen Fächern mit den neuesten Untersuchungen und Beobachtungen auf dem Laufenden bleiben; ebenso muss der Biologe die Grundlehren der Physik und Mechanik spielend beherrschen können, denn die Zelle ist ein Körper, in welchem gleiche Kräfte und Stoffe vorkommen und vorhanden sind, wie solche die Natur überhaupt zeigt.

Um biologische Fragen zu lösen, ist es nicht allein nöthig, dass man Werke anderer Forscher gelesen hat, sondern es muss auch darauf ankommen, selbst mit allem Ernst über irgend eine Frage Jahre lang gearbeitet zu haben. All' unser Denken, es basirt ja einzig und allein darauf: durch die Erfahrung eine Reihe von Vorstellungen und Begriffen zu sammeln, welche schliesslich zu Schlüssen zusammengefasst werden können. Nirgends aber ist es nöthiger, dass eine Anzahl von klaren Vorstellungen vorhanden sind, als gerade in Sachen der Biologie. Mit Denken allein ist es nicht möglich, die Natur in irgend einer Weise zu beherrschen, sondern es verlangt die Naturbetrachtung selbst wieder eine Reihe von eingehenden Untersuchungen, die ein Jeder, der sich mit einer Disciplin beschäftigt, in seinem Fach anstellen muss, um über irgend eine Frage ein Urtheil abgeben zu können. Aber auch bei jedem Urtheil, welches abgegeben wird, ist stets zu berücksichtigen, dass dasselbe nur subjectiv gegeben werden kann; denn was der Eine sieht und ständig beobachtet, entgeht dem Andern, was der Eine für richtig hält, hält der Andere nach seinen Untersuchungen für falsch. Und trotz alledem, aus all' den Beobachtungen, welche von den verschiedensten Seiten gemacht werden, können doch im Laufe der Zeit Schlüsse gezogen

werden, die sich zu bestimmten Gesetzen formuliren lassen. Während es früher nur möglich war, über die Eigenschaften des Lichtes, der Wärme, Electricität u. s. w. in allgemeinen Phrasen abzuhandeln, darf es die heutige Wissenschaft wagen, Lehren aufzustellen, welche eine allgemeinere Gültigkeit haben und schliesslich durch die zahlreichen Erfahrungen, die gemacht werden, aus dem Rahmen der Theorie oder Hypothese heraustreten und sie uns mehr und mehr als wahrscheinlich und sicher erscheinen lassen. Dass uns selbstverständlich eine grosse Anzahl von Fragen niemals lösbar sind, muss immer berücksichtigt bleiben; wir können mit unseren verhältnissmässig beschränkten Sinnen nicht daran denken, Alles erforschen zu wollen und am allerwenigsten dürfen wir daran denken, jene Processe, welche sich innerhalb der lebenden Materie abspielen, genau verfolgen und erklären zu können. Gerade an diesem Punkt wird uns gar Manches geheimnissvoll bleiben und in diesem Gebiet werden sich uns immer neue Fragen aufdrängen, die sich um so mehr zuspitzen und die um so ernster werden, je weiter unsere Kenntniss über den Bau der Gewebe, über den Bau der Zelle fortschreiten. Wir sowohl wie auch spätere Forscher werden schliesslich an einem Punkt halten müssen, wo weder unsere Instrumente noch auch unser Denken einen Fortschritt gestatten.